



Утилизация попутного нефтяного газа на морских нефтегазовых добычных платформах: использование насосно-эжекторной системы для закачки воды и попутного нефтяного газа обратно в пласт на примере Приразломного месторождения

2017

Андрей Александрович Андреев, Вадим Евгеньевич Ражев

ООО «Газпром нефть шельф»

Кураторы:

С.П. Пасторов – начальник ОТиТСПХиОН, ООО «Газпром нефть шельф»

А.Н. Дроздов – д.т.н., профессор РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина



Содержание

1. Проблематика, актуальность и широта проекта
2. Цели и задачи проекта
3. Анализ существующих мировых практик утилизации ПНГ
4. Описание и расчеты
5. Выводы
6. Контакты

Проблематика, актуальность и широта проекта

Актуальность



сжигание ПНГ является основным источником загрязнения окружающей среды в районах нефтедобычи, в том числе и на шельфовых проектах

Проблематика



проект решает проблему снижения негативного влияния на окружающую среду от сжигания ПНГ

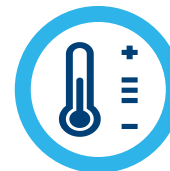
Широта проекта



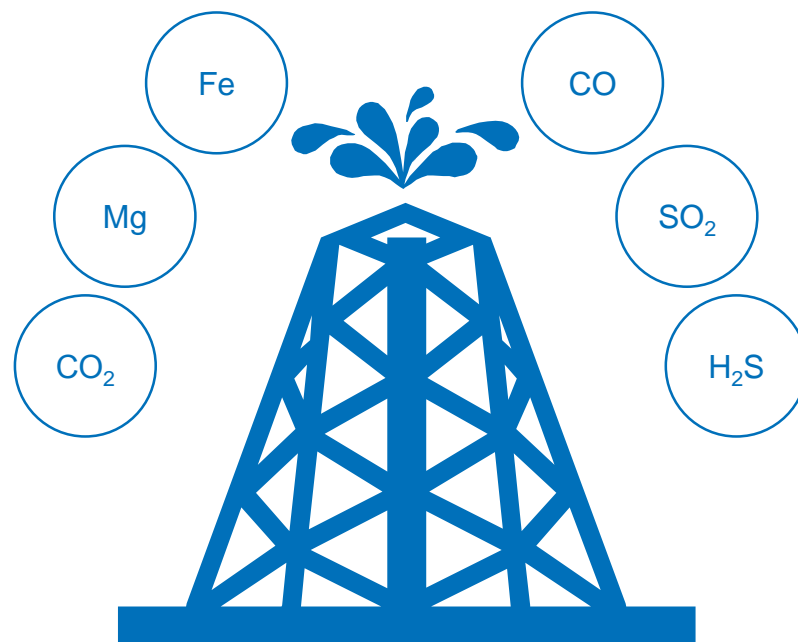
в работе предлагается использование технологии водогазового воздействия на пласт с применением насосно-эжекторной системы на примере Приразломного месторождения, которая может быть применима и на других шельфовых проектах



Негативное воздействие на объекты животного и растительного мира



Парниковый эффект



Тепловое и химическое воздействие

Цели и задачи проекта

Цель



Выполнить оценку применимости насосно-эжекторной системы для водогазового воздействия на продуктивный пласт Приразломного месторождения с целью утилизации попутного нефтяного газа.

Задачи

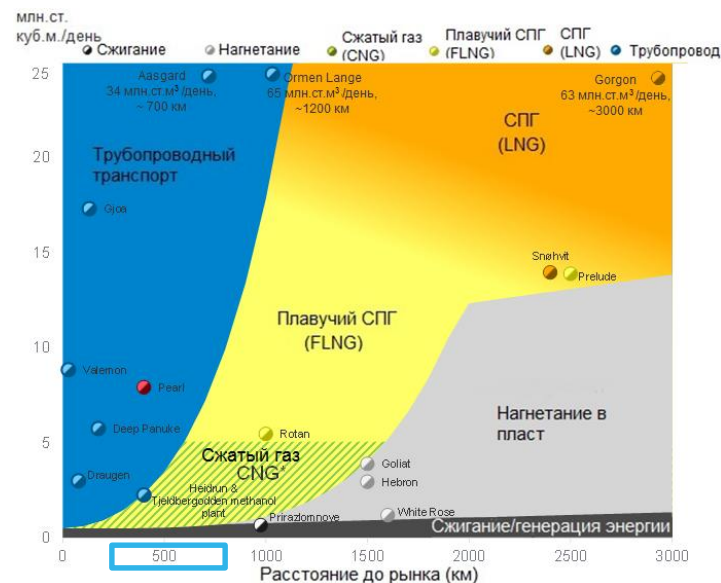


- **Провести** анализ существующих мировых практик утилизации ПНГ;
- **Описать** предлагаемую технологию для утилизации ПНГ;
- **Рассчитать** объемы сжигаемого ПНГ и закачиваемой воды в пласт на Приразломном месторождении;
- **Создать** статическую мат. модель технологии в ПО UniSim Design;
- **Выполнить** моделирование основного технологического процесса;
- **Провести** качественный анализ основных эксплуатационных рисков;
- **Оценить** экономическую эффективность внедряемой;
- **Оценить** экологический эффект при реализации проекта;
- **Оценить** широту применения технологии на других шельфовых проектах.

Анализ существующих мировых практик утилизации ПНГ

Направления утилизации ПНГ на шельфовых месторождениях:

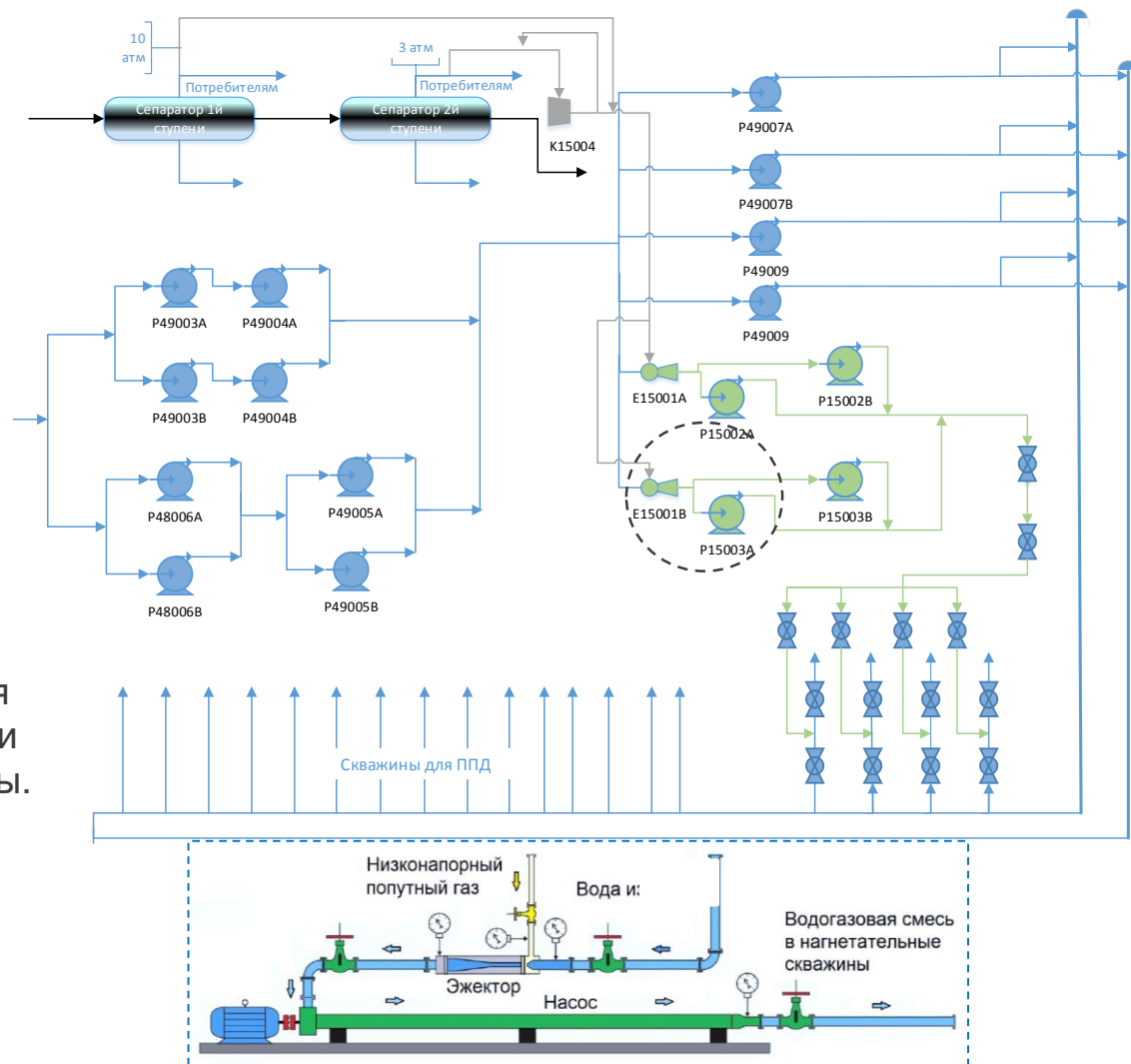
- Экспорт трубопроводами;
- Закачка газа в пласт с установкой дополнительной МЛСП;
- Производство сжиженного природного газа;
- Компримирование ПНГ;
- Производство метанола;
- Переработка ПНГ в жидкое топливо;
- Сжигание на факеле.



Наименование технологии	Компания	Результат
Параллельное нагнетание воды и газа	Statoil	Используется сложное и дорогостоящее оборудование, требующее больших капитальных вложений, качественного обслуживания и грамотной эксплуатации. Попытки применить в условиях Новогоднего и Саматлорского месторождений не увенчались успехом.
Технология ВГВ с эжекционно-кавитационным гидродинамическим устройством	ООО «ИНКО»	В расчете на условное топливо дополнительно добыто нефти существенно меньше, чем закачали в пласт (применялось на Саматлорском месторождении).
Насосно-бустерно-компрессорная технология	ОАО «НК «Башнефть»	Сложный комплекс оборудования. Частая поломка оборудования.
Насосно-бустерная технология газового заводнения	ПАО «РИТЕК»	Исключительно сложное оборудование с подготовкой газа, подпорным 2-х-ступенчатым поршневым компрессором, двумя бустерными установками и закачкой всего в одну скважину
Насосно-эжекторная технология совместной закачки воды и газа	ПАО «РИТЭК», ОАО «ПАРМ-ГИНС»	Для работы системы требуется газ высокого давления. Прекращено из-за падения давления в газовом пласте.

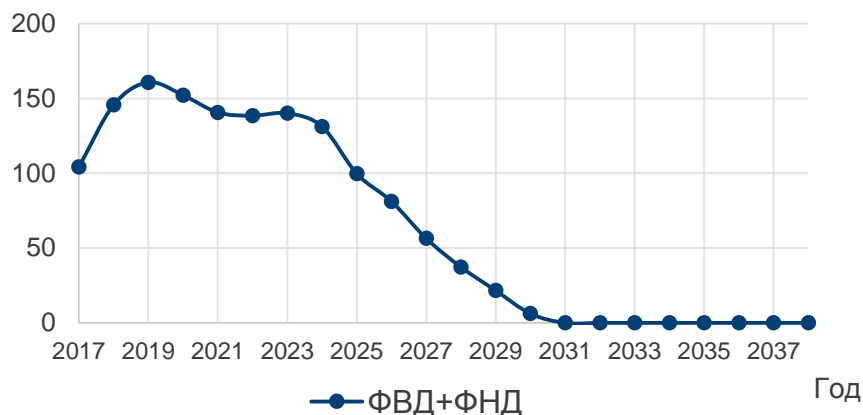
Описание насосно-эжекторной системы №15

- Избытки газа из первой ступени сепарации и со второй ступени после увеличения давления на компрессоре поступают в две камеры эжекторов.
- Параллельно существующим насосам P49009, P49010, имеющим номинальную производительность в $300 \text{ м}^3/\text{ч}$ установлены мультифазные насосы.
- Флюид после смешения с газом в камере эжектора поступает на прием мультифазных насосов, которые в свою очередь являются основными силовыми элементами для нагнетания воды в 4 скважины.
- Опыт применения технологии насосно-эжекторной системы на примере Самодуровского месторождения показал положительные результаты.

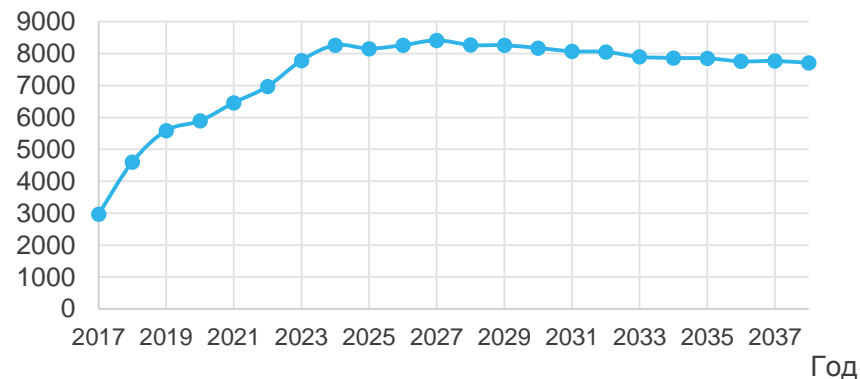


Расчет прогнозируемого объема сжигания ПНГ и закачки воды в пласт

Прогноз сжигания ПНГ на факелах, млн. у.е.о.*



Прогнозная закачка воды в систему ППД, тыс. м³.

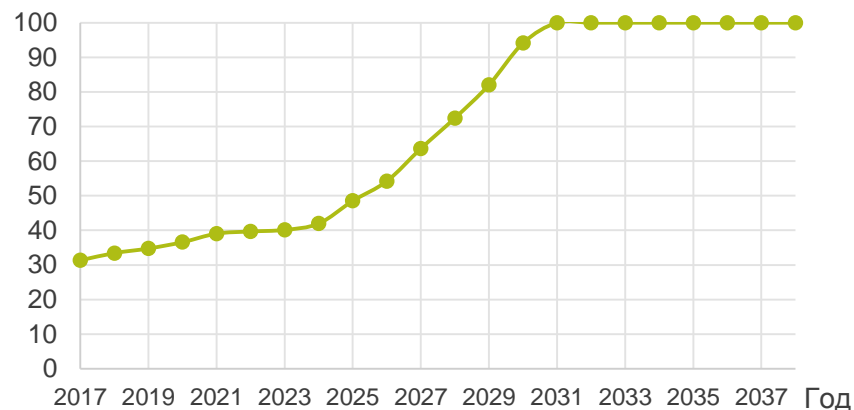


Согласно проведенным расчётам значения газо-водяного фактора в стандартных условиях для насосно-эжекторной системы составляют 32,2 у.е.о/м³. в 2017 году (максимальное значение), затем идет снижение.

В нефтегазовой промышленности экспериментально подтверждена возможность осуществления водогазового воздействия с газо-водяным фактором 43,5 м³/м³.

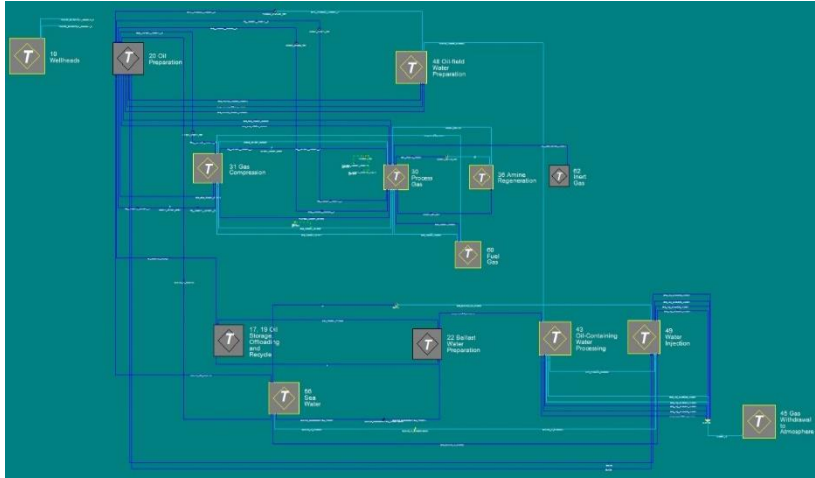
Так с помощью насосно-эжекторной системы, подобной работающей на Самодуровском месторождении, можно утилизировать весь сжигаемый газ на МЛСП Приразломная при условии, что давление в приемной камере эжектора будет не менее 1 МПа.

Прогноз значения коэффициента утилизации ПНГ, %

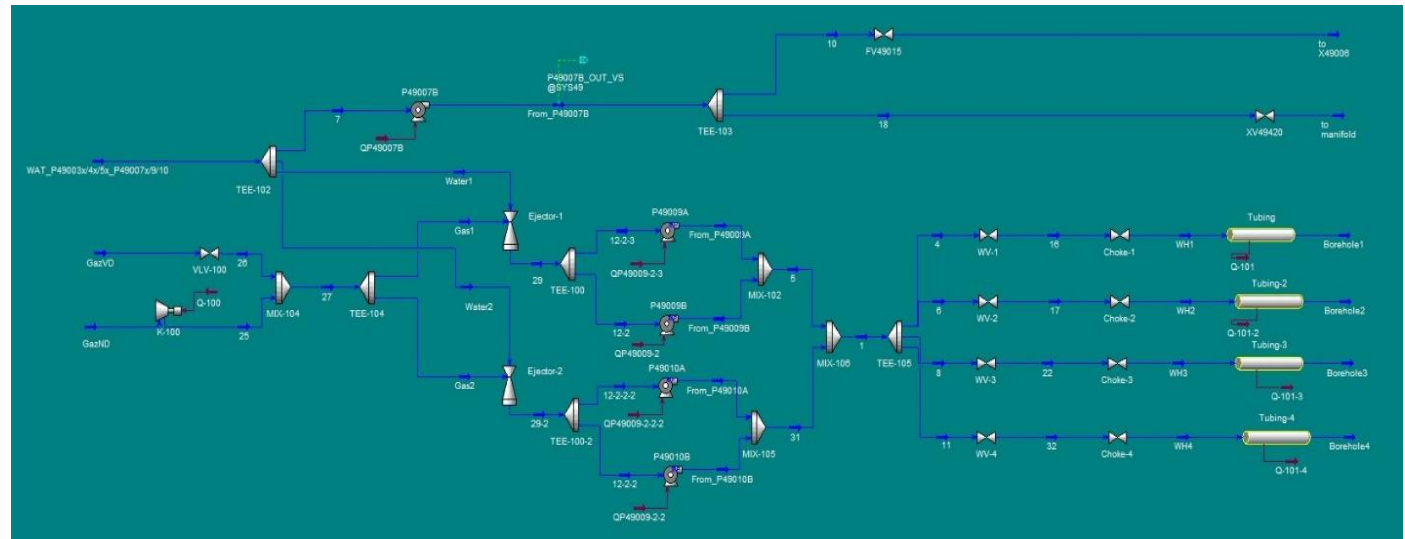


*у.е.о. – условные единицы объёма

Моделирование технологического процесса в ПО UniSim Design



Газосодержание на приеме насосов не превышает **70%**. Параметры и рабочие характеристики насосного оборудования были подобраны с учетом изменяющегося объема ПНГ до **2031** года. Мультифазные насосы имеют номинальную производительность в **180 м³/ч** и подачи в **28 МПа**.



Качественный анализ эксплуатационных рисков

Реестр рисков при использовании насосно-эжекторной системы на МЛСП «Приразломная» (HAZID)				Начальный риск			Остаточный риск			
№	РИСК	ПРИЧИНЫ	ПОСЛЕДСТВИЯ	Вероятность (1)	Ущерб (1)	Балл (1)	Мероприятия по устранению	Вероятность (2)	Ущерб (2)	Балл (2)
1	Утечка сероводорода	1. Разгерметизация системы закачки воды в пласт в случае эжекции газа, содержащего H ₂ S	1. Отравление обслуживающего персонала на платформе; 2. Срабатывание тревоги и останов платформы. Финансовые потери.	3	5	15	1. Регулярно выполнять ТО оборудования и диагностику технологических трубопроводов насосно-эжекторной системы; 2. На стадии проектирования оборудования учесть допуск на коррозию с соответствующим внутренним покрытием; 3. Разработка схемы подачи ингибитора коррозии, определение необходимой дозировки при выполнении ОПИ. 4. Наличие эвакуационных комплектов для эвакуации всех работающих на площадке; 5. Регулярно проводить анализ воздушной среды в воздухе рабочей зоны на содержание H ₂ S и углеводородов;	2	3	6
2	Снижение коэффициента извлечения нефти	1. Неопределённости в физики процесса водогазового воздействия на пласт; 2. Неоднородность пласта; 3. Снижение приемистости нагнетательных скважин, ограничение по добыче нефти.	1. Упущенная выгода в связи с уменьшением проектных показателей добычи нефти;	2	5	10	1. Фильтрационные исследования вытеснения нефти водогазовыми смесями на керновом материале; 2. Анализ влияния водогазового воздействия на технологические показатели разработки и конечный КИН Приразломного месторождения на гидродинамической модели.	1	5	5
3	Сжигание ПНГ	1. Выход из строя насосно-эжекторной системы; 2. Внутренняя коррозия статического оборудования, включая технологические трубопроводы; 3. Несоответствие плановых показателей добычи ПНГ фактическим; 4. Снижение объемов закачки воды и газожидкостной смеси в скважины ППД.	1. Негативное воздействие на окружающую среду; 2. Репутационные риски; 3. Выплата штрафов за сжигание ПНГ;	4	4	16	1. Проектирование насосно-эжекторной системы с привлечением экспертов в данной области и эксплуатационного персонала; 2. Установка факельных оголовков, рассчитанных на беспламенное горение; 3. Частичное использование ПНГ для собственных нужд (газотурбогенераторы, огневые подогреватели).	2	3	6

Качественный анализ эксплуатационных рисков

Реестр рисков при использовании насосно-эжекторной системы на МЛСП «Приразломная» (HAZID)				Начальный риск			Остаточный риск			
№	РИСК	ПРИЧИНЫ	ПОСЛЕДСТВИЯ	Вероятность (1)	Ущерб (1)	Балл (1)	Мероприятия по устранению	Вероятность (2)	Ущерб (2)	Балл (2)
4	Закишение пласта	1. Закачка ГЖС, содержащей H ₂ S в пласт;	1. Выход за нормы технологического режима. 2. Ухудшение приемистости пласта при закачке воды с повышенным содержанием H ₂ S. 3. Повышенная коррозия внутрискважинного и технологического оборудования; 4. Превышение допустимых норм по содержанию серы и меркаптанов в товарной нефти.	4	4	16	1. Оценка водогазового воздействия на гидродинамической композиционной модели; 2. Разработать схему закачки нейтрализатора сероводорода; 3. Непрерывный контроль химического состава закачиваемой в пласт ГЖС с помощью поточных анализаторов.	2	4	8
5	Прорыв газа к забою добывающих скважин	1. Неоднородность пласта; 2. Разделение водогазовой смеси в пласте;	1. Отказ внутрискважинного оборудования; 2. Необходимость замены внутрискважинного оборудования на более дорогое;	3	5	15	1. Установка нижнего заканчивания с устройством контроля притока; 2. Изоляция горизонтов с высокой проницаемостью; 3. Подбор технологического режима, обеспечивающего подавление коалесценции газовых пузырьков.	2	4	8
6	Несоответствие фактических показателей технологических режимов проектным	1. Неопределённости при проектировании технологии; 2. Отсутствие опыта широкого применения насосно-эжекторной системы для ВГВ.	1. Сжигание ПНГ; 2. Длительный останов системы, продолжительный ремонт; 3. Не обеспечивается требуемый уровень закачки в ППД, срыв производственной программы.	3	5	12	1. Разработка проекта и проведение ОПИ технологии на месторождении дочернего общества ПАО "Газпром нефть" на суше. 2. Резервирование оборудования для закачки ГЖС в пласт;	2	4	8

Оценка экологической эффективности

Сожжено ПНГ на факелах по группам производителей 2014-2016, млн. м³



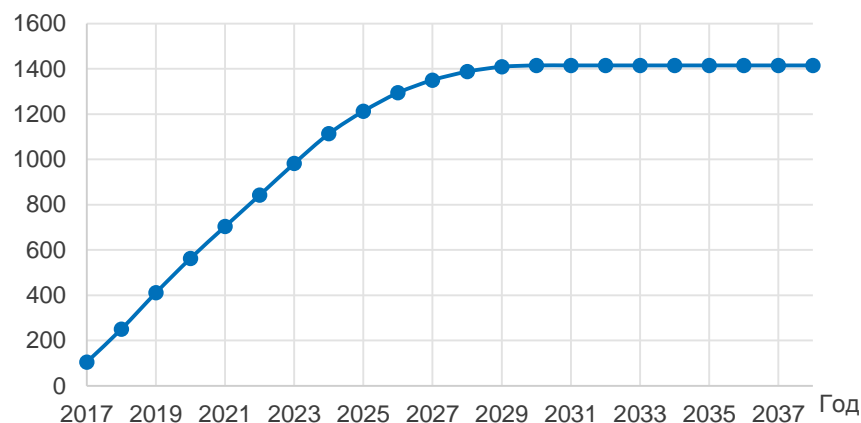
Суммарные выбросы от сжигания ПНГ на факеле в атмосферу в объеме более **1,4 млрд у.е.о.** газа с 2017 года.

При внедрении данной технологии в 2020 году, накопленный экологический эффект при реализации данной технологии в 2020 году характеризуется отказом от сжигания **1 млрд у.е.о.** газа.

На месторождениях и нефтеперерабатывающих предприятиях по всему миру горят более **17 000** факелов, выбрасывая каждый год в атмосферу около **350 млн. т CO₂**, а также большое количество разнообразных загрязняющих веществ.

На основании статистических данных объем сожженного на факелах ПНГ в России в 2016 г. составил **12.4 млрд. м³**.

Прогнозируемый накопленный объем сжигания ПНГ, млн. у.е.о.



Экономическая оценка

Прогнозируемые штрафы за сжигание ПНГ на МЛСП "Приразломная"



Экономический эффект внедрения насосно-эжекторной системы положительный



Формула расчета:

$$E = \sum_{i=0}^N \frac{CF_i}{(1+r)^i}$$

$r = 14\%$ – ставка дисконтирования, утверждённая в ООО «Газпром нефть шельф».

Капитальные затраты:

- разработка проекта;
- проведение ОПИ технологии;
- оборудование: трубопроводы, компоновка многофазных насосов (4 шт.), эжекторы (2 шт.), компрессор (1 шт.);
- СМР и ПНР.

Операционные затраты:

- ТО, ремонтные работы

Выводы

1. Закачка газожидкостной смеси в пласт – наиболее эффективный способ утилизации ПНГ, возможный к применению на МЛСП «Приразломная»;
2. Насосно-эжекторная система сможет значительно сократить негативное влияние производственного объекта на окружающую среду и персонал;
3. Опыт применения технологии насосно-эжекторной системы на примере Самодуровского месторождения показал положительные результаты;
4. Выполнен подбор технологического режима и спецификации оборудования системы при помощи статической математической модели в ПО UniSim Design;
5. Подобраны мероприятия, снижающие риски до уровня ALARP;
6. Накопленный экологический эффект при реализации данной технологии на МЛСП «Приразломная» в 2020 году характеризуется отказом от сжигания 1 млрд у.е.о. газа;
7. При внедрении насосно-эжекторной системы на МЛСП «Приразломная» в 2020 году экономический эффект положительный;
8. Насосно-эжекторная система реализуема не только с помощью применения мультифазных насосов, но также и с помощью скважинных ЭЦН перевернутого типа и горизонтальных ЭЦН, используемых на БКНС.
9. Технология водогазового воздействия на пласт с применением насосно-эжекторной системы применима на других шельфовых проектах

Предлагается рассматривать технологию водогазового воздействия на пласт с применением насосно-эжекторной системы для шельфовых проектов на стадии проектирования морской добычной платформы.

Контакты

Пресс-служба

ООО «Газпром нефть шельф»

Зоологический пер., д. 2-4, лит. Б, Санкт-Петербург, 197198

Тел: +7 (812) 455-03-88

shelf.pr@gazprom-neft.ru

www.shelf-neft.gazprom.ru