



Methane to Markets

Рекомендуемые Технологии Программы Natural Gas STAR и Методы по Сокращению Эмиссии Метана на Магистральных Газопроводах

Газпром – ЕРА

Технический Семинар по Сокращению Эмиссии Метана

28 – 30 октября, 2008 г.

Сбережение Метана на Магистральных Газопроводах: План

- Варианты Улавливания Метана на Магистральных Газопроводах
 - Прокачки газопровода
 - Композитное покрытие
 - Горячая врезка
 - Очистка трубопровода скребками
 - Обнаружение утечек с воздуха
- Обсуждение

Сокращение Эмиссии Метана на Газопроводах: Экономические Показатели

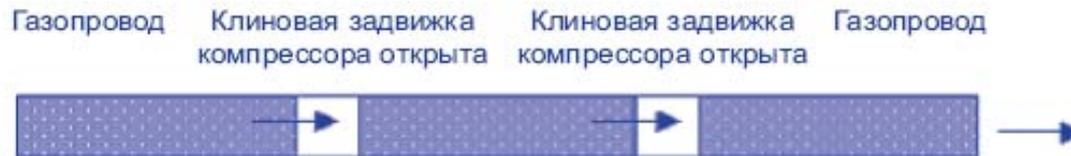
- Все технологии и методы, предлагаемые программами «Метан – на Рынки» и Natural Gas STAR, проверены в ходе успешных применений Партнерами программы
- Примеры приводятся на основе конкретных данных, собранных в процессе реализации реальных проектов в США и других странах; экономическая информация представлена в соответствии с затратами и ценами на газ в США
- В одном примере экономические показатели для России оцениваются с использованием диапазона цен на природный газ и поправочного коэффициента для российских капитальных и трудовых затрат (слайды 16 - 18) по данным журнала *Oil and Gas Journal*

Общий Обзор: Прокачка Газопровода

- Технологии прокачки наиболее экономичны при больших объёмах газодобычи, при высоком давлении в газопроводных линиях
- Использование стационарных компрессоров для сброса давления в пределах ограничений по степени сжатия
- Использование передвижных компрессоров для дальнейшего понижения давления
- Затраты оправданы немедленным наступлением периода окупаемости
- В среднем можно получить до 90% товарного газа из объёма, предполагаемого для выпуска в атмосферу из газопровода

Последовательность Действий для Сброса Давления при Прокачке Газопровода

1. Определить участок газопровода, требующий ремонта



2. Сброс давления на участке на 50% с применением стационарного компрессора



3. Дальнейший сброс давления на участке до 90% при последовательном применении передвижной компрессорной установки и стационарного компрессора



-  Нормальное давление в газопроводе
-  Газопровод при давлении, сниженном на 50%
-  Газопровод при давлении, сниженном на 90%

Экономические Показатели Прокачек Газопровода

- Вычислить общий объём газа, который предполагался для выброса в атмосферу при сбросе давления в газопроводе
- Вычислить экономию газа при прокачке стационарным компрессором
- Вычислить затраты и сбережения при прокачке передвижной компрессорной установкой
- Рассчитать годовую экономию

Прокачка Газопровода: Расчёт Экономии Газа

Оценка объёма и стоимости газа, получаемого при применении стационарных и передвижных компрессоров

- Полный объём газа на участке газопровода:
$$M = L \times (1000 \text{ м/км}) \times (\pi \times D^2/4) \times (P/101,3 \text{ кПа}) \times (1 \text{ тыс. м}^3/1000 \text{ м}^3)$$
- Объём сэкономленного газа, получаемого при применении стационарного компрессора:
$$N_i = M - (M/R_i)$$
- Объём сэкономленного газа, получаемого при применении передвижного компрессора:
$$N_p = N_i - (N_i / R_p) \cdot 22$$

Прокачка Газопровода: Расчёт Экономии Газа

■ Примерный Расчёт

– Дано:

- Длина трубопровода между клиновыми задвижками (L) = 16,1 километров (км)
- Внутренний диаметр трубопровода (I) = 0,724 метров (м)
- Рабочее давление в трубопроводе (P) = 4.134 килопаскалей (кПа)
- Коэффициент сжатия стационарного компрессора (R_i) = 2
- Коэффициент сжатия передвижного компрессора (R_p) = 8

	Объём Газа (Тыс. м ³)	Стоимость Сэкономленного Газа (\$)
Полный объём газа на участке газопровода	270	
Экономия газа при стационарном компрессоре	135	\$34.000
Экономия газа при передвижном компрессоре	118	\$30.000
Полная экономия газа при прокачке	253	\$64.000

Источник: EPA Natural Gas STAR - Документ Опыт Применения "Применение Технологии Прокачки Трубопровода для Сброса Давления Газа до Проведения Техобслуживания"

Прокачка Газопровода: Вычислить Затраты на Передвижные Компрессоры

- Оценка затрат, связанных с применением передвижных компрессорных установок
 - Стоимость покупки или лизинга компрессора
 - Стоимость топлива (в основном природного газа)
~ 7,38 – 8,86 MJ - ежемесячный расход топлива на эффективную мощность в час
 - Стоимость техобслуживания ~ \$5 – \$12 на лошадиную силу в месяц
 - Стоимость трудозатрат
 - Налоги и административные платежи
 - Затраты на монтаж установки
 - Стоимость фрахта

Расчёт Капитальных Затрат на Передвижной Компрессор

Диапазон цен и стоимости лизинга передвижного компрессора*					
68 атм – высокий расход		41 атм – средний расход		20 атм – низкий расход	
Приобретение	Лизинг	Приобретение	Лизинг	Приобретение	Лизинг
\$3 - \$6 милл.	\$77.000 - \$194.000 в месяц	\$1,0 - \$1,6 милл.	\$31.000 - \$46.000 в месяц	\$518.131 - \$777.197	\$15.000 - \$23.000 в месяц

* В предположении, что цена не включает стоимость фрахта и монтажа, а стоимость лизинга составляет 3% от стоимости покупки.
Источник: EPA Natural Gas STAR - Документ Опыт Применения “Применение Технологии Прокачки Трубопровода для Сброса Давления Газа до Проведения Техобслуживания”

– **Пример: Полная стоимость применения передвижного компрессора в течение 12 месяцев**

$$\begin{aligned}
 &= \text{стоимость топлива} + \text{стоимость аренды и техобслуживания} + \text{стоимость фрахта} \\
 &= 12 \times (\$500 + \$31.000) + \$19.000 \\
 &= \$397.000
 \end{aligned}$$

Прокачка Газопровода: Расчёт Годовой Экономии

Основываясь на приведенном примере:

- Валовая стоимость газа, полученного за 12 месяцев
Стационарный Компрессор¹
= \$34.000 x 4 x 12
= \$1.632.000
- Валовая стоимость газа, полученного за 12 месяцев
Передвижной Компрессор¹
= \$30.000 x 4 x 12
= \$1.440.000
- **Чистые сбережения**, связанные с совместным применением **передвижной компрессорной установки и стационарного компрессора**
= \$1.632.000 + (\$1.440.000 – \$397.000)
= \$2.675.000

¹Валовая стоимость газа, полученного за 12 месяцев, исходя, в среднем, из четырех прокачек в месяц

Сбережение Метана на Магистральных Газопроводах: План

- Варианты Улавливания Метана на Магистральных Газопроводах
 - Прокачки газопровода
 - **Композитное покрытие**
 - Горячая врезка
 - Очистка трубопровода скребками
 - Обнаружение утечек с воздуха
- Обсуждение



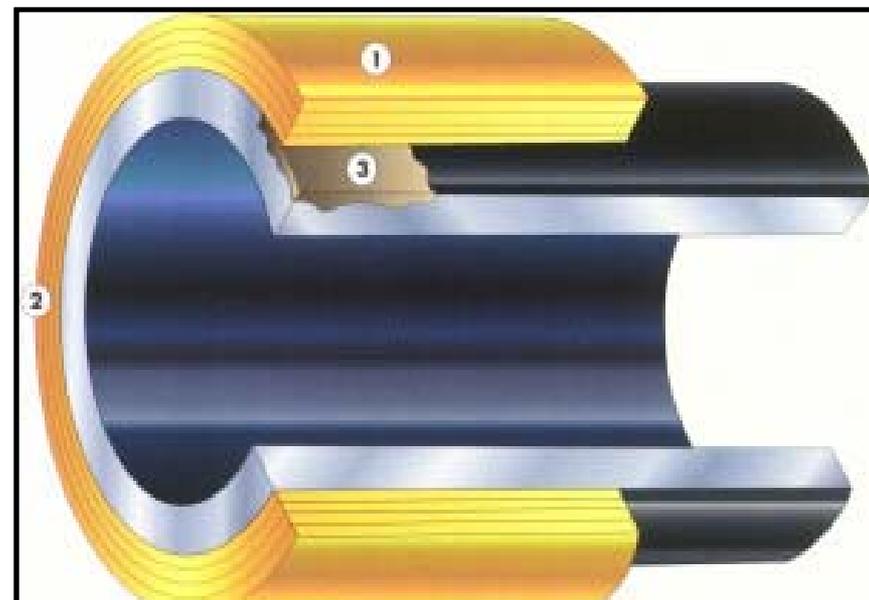
Источник: Armor Plate

Композитное Покрытие

- Существует три основных метода устранения герметичных (не вызывающих утечек) дефектов на трубопроводах:
 - Удаление поврежденного участка трубопровода и его замена
 - Установка стальных разрезных вставок с полным оснащением на поврежденный участок
 - Нанесение композитного покрытия на поврежденный участок
- Преимущества композитного покрытия:
 - Может быть установлено без вывода трубопровода из эксплуатации
 - Ремонтные работы проводятся быстрее и дешевле, чем при замене участка трубопровода или установке вставки
 - Отсутствует необходимость остановки эксплуатации поврежденного участка и выпуска метана в атмосферу перед началом ремонтных работ

Общий Обзор: Композитное Покрытие

- 1) Высокопрочная композитная структура из стекловолокна или на полимерной основе
- 2) Клей или смолистая склеивающая система
- 3) Комбинированный наполнитель с высоким пределом прочности на сжатие для перераспределения нагрузки
- 4) Восстанавливает потерянную прочность стенок трубы



Источник: Clock Spring® Company L. P.

Установка Композитного Покрытия

- После экскавации и подготовки участка трубы
 - Внешний дефект заполняется материалом наполнителя
 - Композитное покрытие наматывается вокруг трубопровода с наложением клея между слоями
 - Как правило, витки ленты должны выходить за пределы участка повреждения с обеих сторон не менее чем на 5 см
 - Трубопровод засыпается после необходимой просушки клеевого слоя
- Снижение давления в трубопроводе улучшает качество ремонтных работ



Источник: Armor Plate

Экономические Показатели Композитного Покрытия

- Рассчитать соответствующие затраты
 - Установить исходные данные (диаметр трубопровода, расстояние между запорными вентилями, цена газа, и т.д.)
 - Вычислить трудозатраты
 - Вычислить капитальные затраты и стоимость оборудования
 - Вычислить накладные расходы
- Оценить сокращение эмиссии метана
- Сравнить варианты

Пример Экономического Анализа: Сценарий с Использованием Скорректированных Цен для России

- Таблица на следующем слайде иллюстрирует сравнение экономических показателей замены трубопровода и нанесения композитного покрытия
- Экономические показатели для России оцениваются с использованием диапазона цен на природный газ и поправочного коэффициента для российских капитальных и трудовых затрат по данным журнала Oil and Gas Journal¹

¹ Gillis, Brian, et. al. *Technology drives methane emissions down, profits up*. Oil & Gas Journal. 13 августа, 2007 г.

Сравнение Вариантов: Замена Участка Трубопровода и Нанесение Композитного Покрытия¹

Категории Затрат	При 971 Руб./тыс. м ³ (\$40/тыс. м ³)				При 9.712 Руб./тыс. м ³ (\$400/тыс. м ³)			
	Дефект 15 см		Дефект 595 см		Дефект 15 см		Дефект 595 см	
	Ремонт с нанесением композитного покрытия	Замена трубопровода	Ремонт с нанесением композитного покрытия	Замена трубопровода	Ремонт с нанесением композитного покрытия	Замена трубопровода	Ремонт с нанесением композитного покрытия	Замена трубопровода
Потеря метана (тыс. м ³)	0	112	0	112	0	112	0	112
Продувочный газ (тыс. м ³)	0	5.64	0	5.64	0	5.64	0	5.64
Кол-во комплектов композитного покрытия	1	0	20	0	1	0	20	0
Стоимость эмиссии метана	0	108.780	0	108.780	0	1.087.800	0	1.087.800
Стоимость продувочного газа	0	1.580	0	1.580	0	1.580	0	1.580
Трудозатраты	11.000	39.500	22.000	59.250	11.000	39.500	22.000	59.250
Оборудование и материалы	45.530	118.840	910.600	214.920	45.530	118.840	910.600	214.920
Накладные расходы	28.265	50.700	466.300	109.670	28.265	50.700	466.300	109.670
Общая стоимость ремонта	84.795	319.400	1.398.900	494.200	84.795	1.298.420	1.398.900	1.473.220
Наиболее экономичные варианты	X			X	X		X	

¹ Рассматривается устранение малого и крупного дефектов на трубопроводе диаметром 61 см, работающего под давлением 24 атм с размещением запорных вентилей на расстоянии 16,1 км друг от друга

Композитное Покрытие в Сравнении с Заменой Участка Трубопровода

- Приведенный пример и опыт компаний-партнеров Natural Gas Star показывают, что нанесение композитного покрытия является наиболее экономически эффективным методом устранения небольших дефектов на трубопроводах
- Для устранения более крупных дефектов может применяться как замена участка трубопровода, так и нанесение композитного покрытия в зависимости от цены газа, трудозатрат и стоимости оборудования
 - Примечание: при использовании более высоких стоимостных оценок для России, наш экономический анализ показал, что вариант замены трубопровода может быть более рентабельным при устранении крупных дефектов
 - Компаниям следует рассчитывать порог рентабельности для дефекта определенного размера, основываясь на конкретных капитальных и трудовых затратах

Заключение: Опыт Применения Композитного Покрытия

- Меньший выпуск газа в атмосферу по сравнению с заменой участка трубопровода
- Проверенный долгосрочный способ устранения поверхностных дефектов
- Временная мера для устранения внутренних дефектов
- Технология ремонта без отключения действующего трубопровода
- Идеальная альтернатива для срочных и быстрых ремонтов
- Позволяет избегать перерывов в газоснабжении
- Экономически эффективный метод
- Требуется обученный персонал, но невысокой квалификации
- Не требуется сварочное или подъёмное оборудование
- Отсутствуют задержки, связанные с доставкой металлических вставок и сегментов трубы
- Остаётся катодная защита

Сбережение Метана на Магистральных Газопроводах: План

- Варианты Улавливания Метана на Магистральных Газопроводах
 - Прокачки газопровода
 - Композитное покрытие
 - **Горячая врезка**
 - Очистка трубопровода скребками
 - Обнаружение утечек с воздуха
- Обсуждение



Источник: Williamson Industries Inc.

Горячая Врезка - Что Это?

- Подсоединение отводов без остановки транспортировки газа по трубопроводу
 - Установка отвода и задвижки снаружи действующего трубопровода
 - Вырезание фрагмента стенки трубы через открытую заслонку и присоединение отвода к трубопроводу
- Последние усовершенствования технологии повысили надежность и уменьшили сложности
- Горячая врезка позволяет подсоединять отводы к разному типу труб
 - В системе транспортировки газа
 - В системе распределения газа

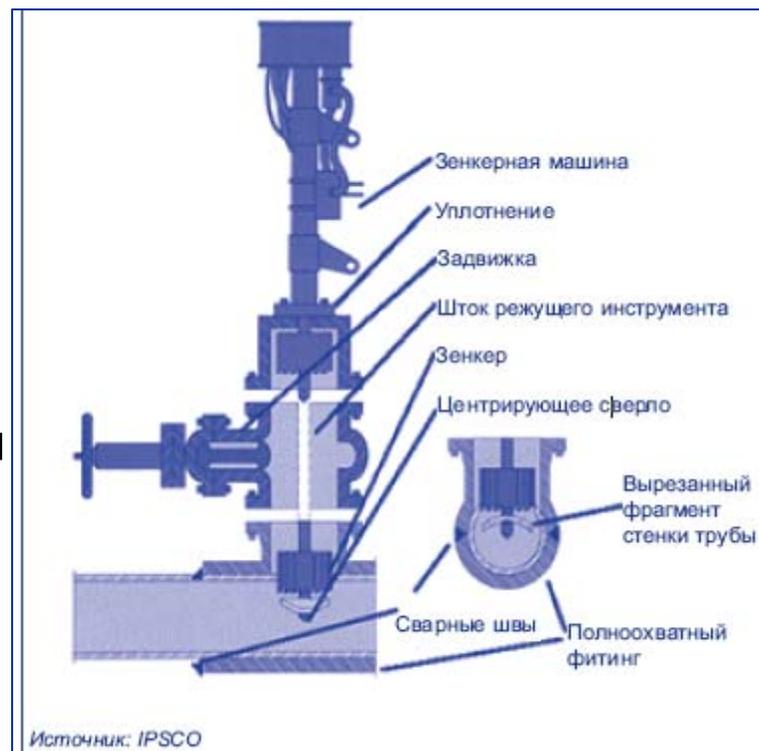
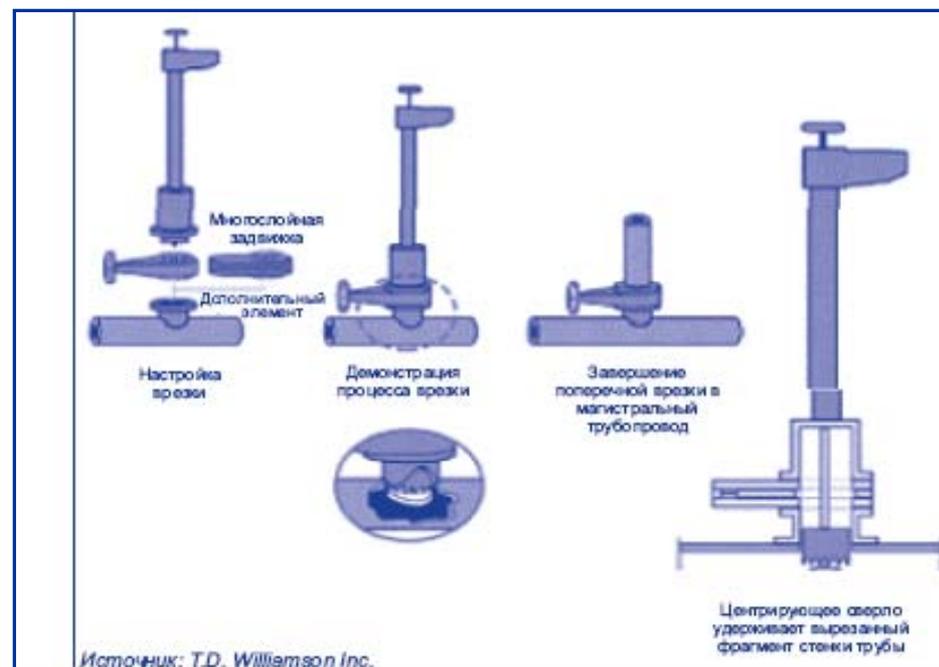


Схема оборудования для горячей врезки

Процесс Горячей Врезки

- Установка фитинга и постоянной заслонки на трубопровод
- Установка зенкерной машины на постоянную заслонку
- Непосредственно врезка и последовательное изъятие фрагмента через заслонку
- Закрытие заслонки и снятие зенкерной машины
- Присоединение отвода к трубопроводу



Преимущества Применения Горячей Врезки

- Непрерывная работа системы: перекрытие и остановка исключаются
- Отсутствие выбросов газа в атмосферу
- Исключается резка, повторные совмещение и сварка участков трубопровода
- Сокращение расходов по планированию и координации
- Повышение безопасности труда
- Отсутствие перерывов в газоснабжении потребителей

Экономические Показатели Применения Горячей Врезки

- Определить физическое состояние трубопровода
- Вычислить стоимость врезки с перекрытием
- Вычислить стоимость процедуры горячей врезки
- Оценить годовую стоимость программы по применению горячей врезки
- Оценить годовую экономию за счёт применения горячей врезки
- Провести сравнительный экономический анализ применения методов горячей врезки и врезки с перекрытием газопровода

Горячая Врезка: Определение Физического Состояния Трубопровода

- Максимальное рабочее давление (в период выполнения врезки)
- Материал трубы
- Состояние основной трубы (внешняя/внутренняя коррозия, толщина стенки)
- Местонахождение ближайших задвижек, которые можно будет перекрыть в аварийной ситуации
- Оценка рабочего пространства (желаемый диаметр врезки, расположение других сварных швов на трубопроводе, помехи, и т.д.)
- Наличие обводов

Расчётная Годовая Экономия за Счёт Использования Горячей Врезки

- Оценка прибыли от экономии газа за счёт использования горячей врезки

Расчётная Годовая Экономия Газа для Предполагаемого Сценария ¹						
Сценарий Врезки	Количество Врезок в Год	Экономия Природного Газа		Экономия Очистного Азотного Газа		Общая Экономия Газа
		(тыс. м ³) на врезку	(тыс. м ³) в год	(тыс. м ³) на врезку	(тыс. м ³) в год	
10,2 см трубопровод, 2,4 МПа, участок длиной 3,2 км	250	0,6	155,7	0,05	14,1	42.500
20,3 см трубопровод, 0,7 МПа, участок длиной 1,6 км	30	0,4	11	0,1	3,4	3.690
25,4 см трубопровод, 7 МПа, участок длиной 4,8 км	25	16,7	417	0,5	13,4	106.875
45.7 см трубопровод, 1,4 МПа, участок длиной 3,2 км	15	7,2	108,3	1,2	17,4	31.695
Всего в Год	320		692,1		48,4	184.760

¹ Предполагаемый сценарий при 320 врезках в год как подробно описано в документе Опыт Применения “Применение Метода Горячей Врезки при Обслуживании Действующих Газопроводов”

Экономический Анализ Методов Горячей Врезки и Врезки с Перекрытием

- Сравнение вариантов и оценка экономической целесообразности использования горячей врезки в течение 5-ти лет (320 врезок/год)

Экономический Анализ Программы Применения Горячей Врезки в Течение 5-ти Лет (320 врезок/год)¹						
	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
Капитальные затраты, \$	(47.409)	0	0	0	0	0
Услуги подрядчика, \$	0	(54.263)	(54.263)	(54.263)	(54.263)	(54.263)
Стоимость эксплуатации и обслуживания, \$	0	(7.959)	(7.959)	(7.959)	(7.959)	(7.959)
Общая стоимость, \$	(47.409)	(62.222)	(62.222)	(62.222)	(62.222)	(62.222)
Экономия на природном газе, \$		171.080	171.080	171.080	171.080	171.080
Экономия на инертном газе, \$		13.680	13.680	13.680	13.680	13.680
Чистая прибыль, \$	(47.409)	122.538	122.538	122.538	122.538	122.538
Период окупаемости (мес.)						5
Внутренняя норма рентабельности						258 %
Чистая приведенная стоимость ²						\$417.107

¹ Источник: EPA Natural Gas STAR - Документ Опыт Применения "Применение Метода Горячей Врезки при Обслуживании Действующих Газопроводов"

² Чистая приведенная стоимость исходя из дисконтной ставки 10% на 5 лет

Сбережение Метана на Магистральных Газопроводах: План

- Варианты Улавливания Метана на
Магистральных Газопроводах
 - Прокачки газопровода
 - Композитное покрытие
 - Горячая врезка
 - **Очистка трубопровода
скребками**
 - Обнаружение утечек
с воздуха
- Обсуждение



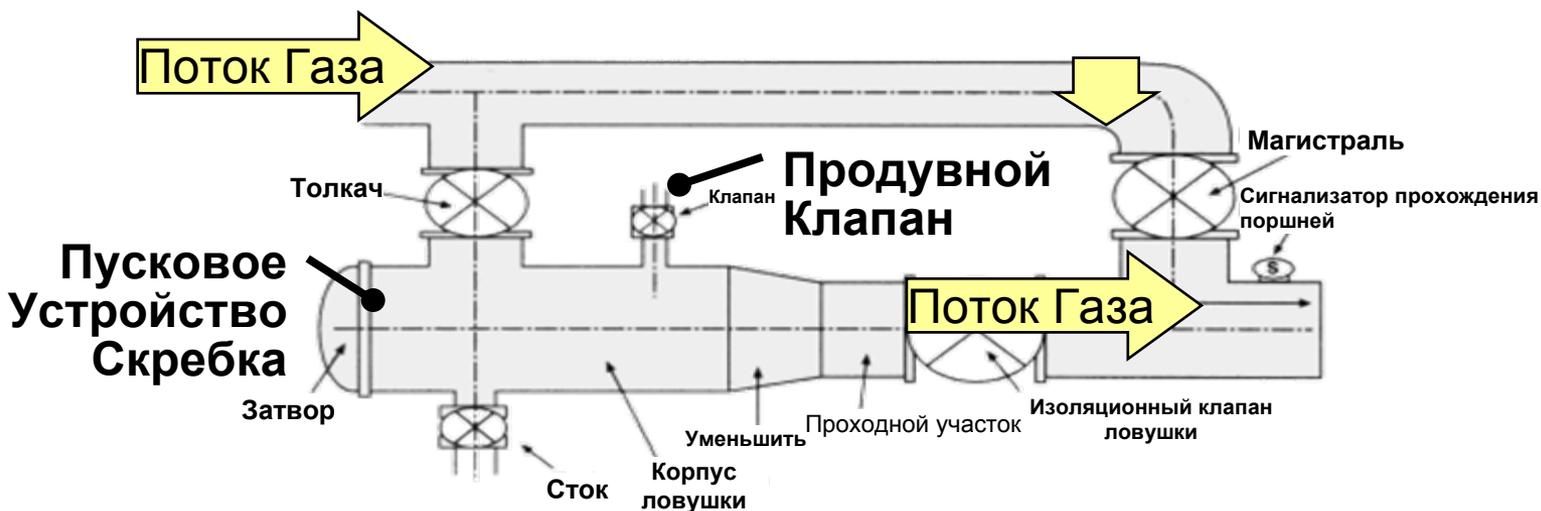
Источник: www.girardind.com/

Общий Обзор: Очистка Трубопровода Скребками

- Углеводороды и вода конденсируются в газосборных системах, что приводит к падению давления и ослаблению потока газа
- Периодическая очистка с использованием дисковых поршней-скребков стабилизирует поток газа за счёт удаления скопившейся жидкости и налета
 - Также рекомендуется проверять целостность трубопровода
- Эффективная прочистка:
 - Поддерживает бесперерывную работу трубопровода
 - Обеспечивает почти максимальную выработку за счёт устранения загрязнений
 - Минимизирует потери товарного газа во время запуска/получения

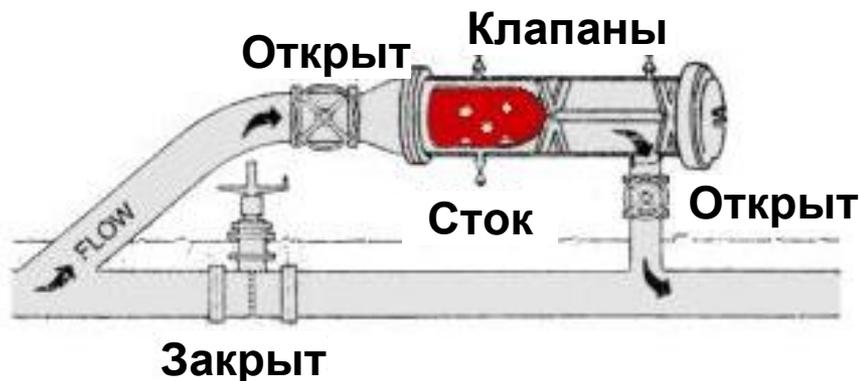
Каким образом Очистка Выпускает Метан?

- Пусковые устройства оснащены изоляционными клапанами для загрузки скребков, герметизации, и запуска скребков с использованием газа, отведенного из газопровода
- Герметизация/разгерметизация пускового устройства приводит к потере метана через продувной клапан



Очистка Скребками Выпускает Метан Дважды

- Потери метана происходят из продувочного клапана пускового устройства скребка и ещё раз из клапана ограничителя
 - Как только ограничитель изолируется от линии газа, необходимо его разгерметизировать для извлечения скребка
 - Жидкости впереди скребка стекают в сосуд или резервуар
- БОЛЕЕ чем дважды: утечки метана из изоляционного клапана могут приводить к излишним потерям газа



Очистка Трубопровода Скребками: Сохранение Метана

- Техобслуживание газопровода требует продувки участка трубы перед началом ремонтных работ
- Как правило, газ из трубопровода выпускается в атмосферу
- Рекомендуется направить выпущенный газ в систему конденсации или использовать в качестве топлива
 - Одна из перерабатывающих компаний сообщила о методе подсоединения клапана ограничителя скребка к линии топливного газа для получения метана, притом соблюдая плотное закрытие изоляционного клапана

Очистка Трубопровода Скребками: Выгодно ли Сохранение Метана?

- Одна американская газоперерабатывающая компания проводила процесс очистки магистральных трубопроводов 30-40 раз в год, получая несколько тысяч баррелей конденсата при каждой очистке
- Компания сообщила об экономии 606 тыс. м³/год за счёт сохранения мгновенно выделяющегося газа
- Затраты на установку специальной системы конденсации пара с компрессором на электрическом приводе составили \$24000, при ежегодных затратах на эксплуатацию в размере \$40000, в основном на электричество. Затраты будут компенсированы за счёт большого объёма сэкономленного газа и растущих цен на газ

Цена газа (\$/Тыс. м ³)	\$250
Объём сэкономленного газа (Тыс. м ³ /год)	606
Годовая экономия (\$/год)	\$149.800
Стоимость установки	\$24.000
Стоимость эксплуатации	\$40.000
Период окупаемости (год)	0,3

Источник: EPA Natural Gas STAR - документ Опыт Партнеров "Предотвращение потерь газа при внутренней чистке трубопровода" Отчет PRO

Сбережение Метана на Магистральных Газопроводах: План

- Варианты Улавливания Метана на Магистральных Газопроводах
 - Прокачки газопровода
 - Композитное покрытие
 - Горячая врезка
 - Очистка трубопровода скребками
 - **Обнаружение утечек с воздуха**
- Обсуждение



Обнаружение Утечек с Воздуха

- Аэросъёмка позволяет быстро находить утечки на магистральных газопроводах большой протяженности
- Газопроводные компании США докладывают о проведении аэросъёмок с разнообразных платформ с использованием технологии инфракрасного обнаружения утечек
 - Самолёт или вертолёт
 - Пассивная ИК съёмка или сенсоры лидара (лазерного локатора ИК-диапазона)



Источник: LaSen, Inc.

DCP Midstream (Газосборная и Перерабатывающая Компания в США): Обнаружение Утечек с Воздуха

- Компания DCP эксплуатирует около 100.000 км газосборной магистрали
 - Нет прямых участков длиннее 8-ми км
- Компания решила провести инспекцию линий с вертолѐта, применяя Лидарную Систему Аэро Осмотра Трубопровода (ALPIS)
- Для определения участков газопровода с утечками компания устанавливает порядок проведения обследования, используя систему пропорциональных измерений

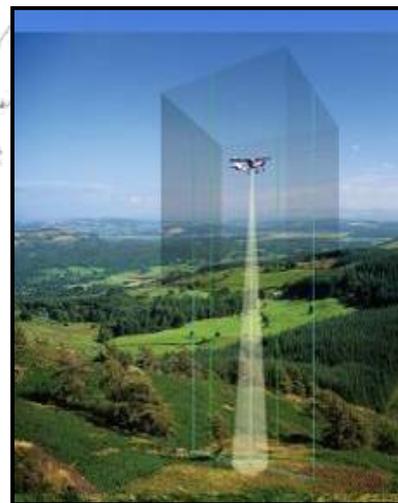


DCP Midstream (Газосборная и Перерабатывающая Компания в США): Обнаружение Утечек с Воздуха

- Пользуясь системой ALPIS, компания DCP смогла определить местонахождение 70 – 80% утечек на газопроводе
- Для точного определения местонахождения утечек DCP объединила аэросъёмки с наземным анализом с использованием RMLD
 - Совместное проведение ALPIS аэросъёмки и наземного анализа с применением RMLD позволило компании DCP установить местонахождение 97% всех утечек
- С начала проведения подобных осмотров, DCP сократила объём потерянного и неучтённого газа до 50%

Northern Natural Gas (Газопроводная Компания в США): Газопроводы, Обследованные Службой ANGEL

- Авиационная Лидарная Служба Обнаружения Эмиссии Природного Газа - ANGEL
 - Система ANGEL способна обнаруживать, получать изображение и наносить на карту эмиссии природного газа
- Длина обследованного газопровода: 1.183 Миль
- Суммарное Время Регистрации (DIAL): 13,5 Часов
- Обнаруженная и подтвержденная потеря газа: 27 Точек

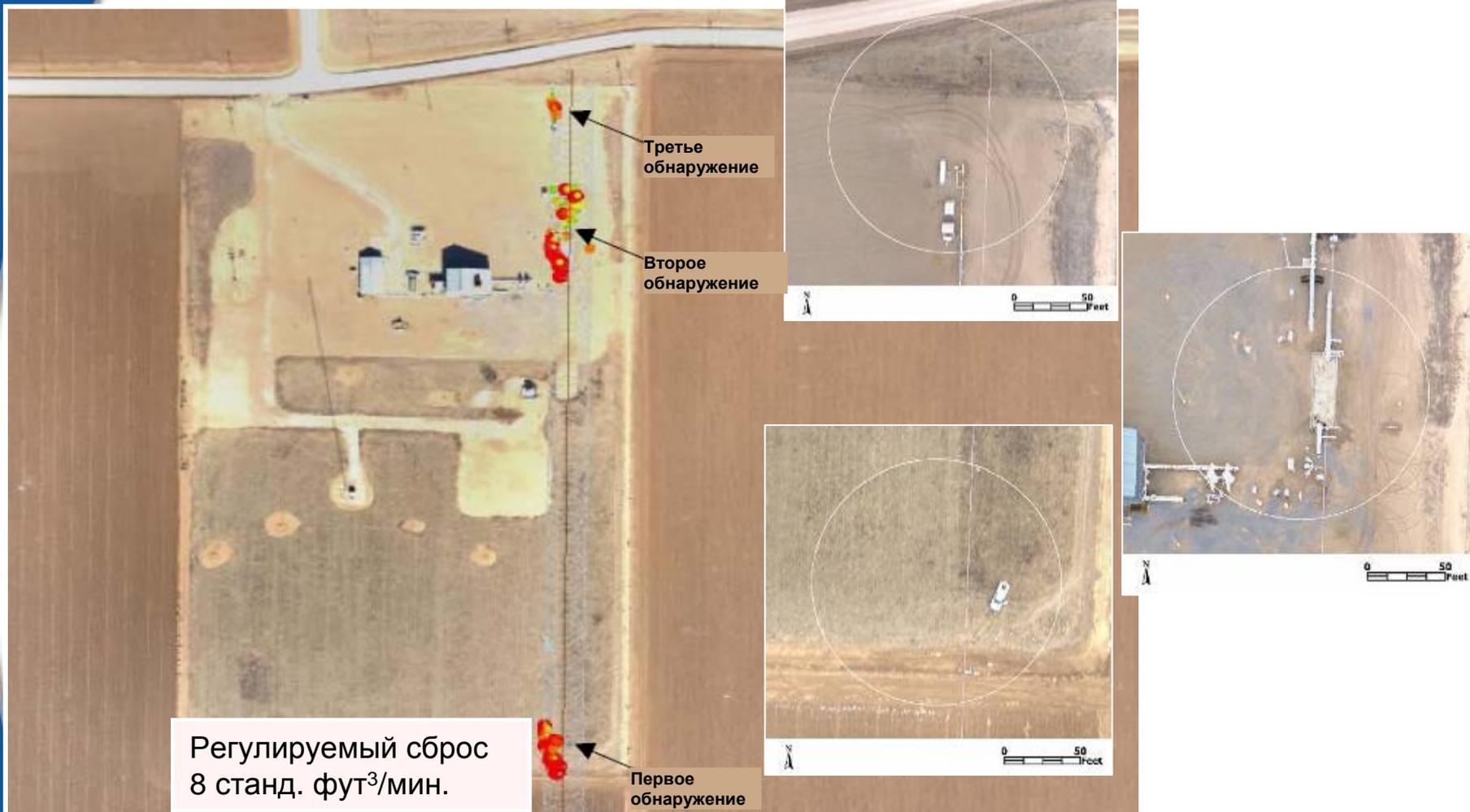


Northern Natural Gas: Подземная Утечка из Трубопровода, штат Техас, 2006 г.



Источник: Northern Natural Gas

Northern Natural Gas: Потери Газа на Объекте, штат Техас, 2006 г.



Обсуждение

- Опыт промышленности в применении данных технологий и методов
- Ограничения в применении данных технологий и методов
- Действительные затраты и выгоды