Опыт применения

От партнеров программы Natural Gas STAR

USING HOT TAPS FOR IN SERVICE PIPELINE CONNECTIONS

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ГОРЯЧЕЙ ВРЕЗКИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ ДЕЙСТВУЮЩИХ ГАЗОПРОВОДОВ

Аннотация

Газоперекачивающим компаниям достаточно часто в течение года для расширения или усовершенствования своей транспортной системы необходимо строить новые отводы на трубопроводах. Еще недавно обеспечение безопасной врезки требовало перекрытия участка системы и сброса газа в атмосферу. Такая процедура, называемая врезкой с перекрытием, связана с эмиссией метана, потерей товарного газа, сокращением его продаж, неудобствами для потребителя, расходами на эвакуацию старых частей трубопровода.

Горячая врезка (врезка под давлением) - это альтернатива, позволяющая подсоединять отводы без остановки транспортировки природного газа по трубопроводу. Процедура горячей врезки включает установку отвода и задвижки снаружи действующего трубопровода, вырезание отверстия в стенке трубы внутри отвода и удаление фрагмента стенки через задвижку. Горячая врезка предотвращает потерю товарного газа, эмиссию метана и устраняет перерывы в снабжении потребителя газом.

Хотя врезка под давлением - метод не новый, последние усовершенствования его технологии позволяют преодолеть сложности и неопределенности, которые операторы, возможно, испытывали раньше. Ряд газоперекачивающих компаний - партнеров Natural Gas STAR - сообщают о частом применении горячей врезки: небольшие работы проводятся почти каждый день, крупная врезка (более 12 дюймов (0,3 м)) - два-три раза в год.

Применяя метод горячей врезки, партнеры Natural Gas STAR добились сокращения эмиссии метана и увеличения прибыли. Экономия газа в целом такова, что полученная от нее прибыль достаточна для покрытия расходов на все новые отводы действующих газопроводов. Срок окупаемости горячих врезок часто наступает незамедлительно.

Метод сокращения потерь газа	Объем сэкономленного газа, тыс.фут.^{3}/год (тыс. м^3/год)	Объем сэкономленного газа, $/год	Другая экономия, $	Капитальные затраты, $	Другие затраты[4], $/год	Срок окупаемости, мес.
Применение метода горячей врезки[1]	24 400	73 320[2]	6 840[3]	36 200	43 000	12

[1] Среднегодовые экономия и затраты рассчитаны для 320 горячих врезок (разного диаметра) в год.
[2] При цене газа $3/тыс. фут.^{3} ($106/тыс. м^3).
[3] Инертные газы.
[4] Другие затраты включают эксплуатацию, обслуживание и стоимость услуг по контракту.

Настоящий документ - один из отчетов серии "Опыт применения", разработанной EPA в сотрудничестве с газовой отраслью в рамках проектов программы Natural Gas STAR.

Описание технологии

В системах транспортировки и распределения природного газа часто возникает необходимость демонтажа или расширения существующих трубопроводов, установки новых или отремонтированных задвижек, подсоединения дополнительных отводов, проведения обслуживания или устранения аварийных ситуаций. Раньше обычной практикой было перекрытие участка системы при монтаже отвода, выброс газа из перекрытого участка, продувка трубопровода инертным газом для обеспечения безопасности работ.

Процедура выполнения врезки с перекрытием практически одинакова для различных давлений в системе. В газопроводах с высоким давлением для изоляции участка трубопровода закрываются ближайшие задвижки, рядом с ними забиваются дополнительные пробки для предотвращения утечек газа и обеспечения безопасности в зоне перекрытия. В системах с низким давлением перекрываемый участок, как правило, гораздо короче. Вместо закрытия соседних задвижек используются пробки непосредственно по месту врезки. В обоих случаях газ из перекрытого участка выпускается, и линия продувается.

Применение врезки с перекрытием наносит как экономический, так и экологический ущерб. Газ, выпущенный из перекрытого участка, означает потерянный товарный газ и увеличение эмиссии метана. Кроме того, вывод из строя участка трубопровода может прервать поступление газа к потребителю. Например, врезка с перекрытием на стальной линии требует от одного до трех и более дней простоя газопровода и возможного прекращения доставки газа потребителю в дополнение к выбросам метана в атмосферу.

Горячая врезка - это альтернативная технология, позволяющая строить отводы на газопроводе под давлением без выброса газа в атмосферу. Горячую врезку также называют линейной врезкой или врезкой под давлением. Что включает установку отводов, сверление отверстий в действующем трубопроводе без остановки транспортировки газа и его потерь. Горячая врезка позволяет монтировать отводы, внутритрубные устройства, постоянные и временные байпасы, а также подготавливать трубопровод к ремонту.

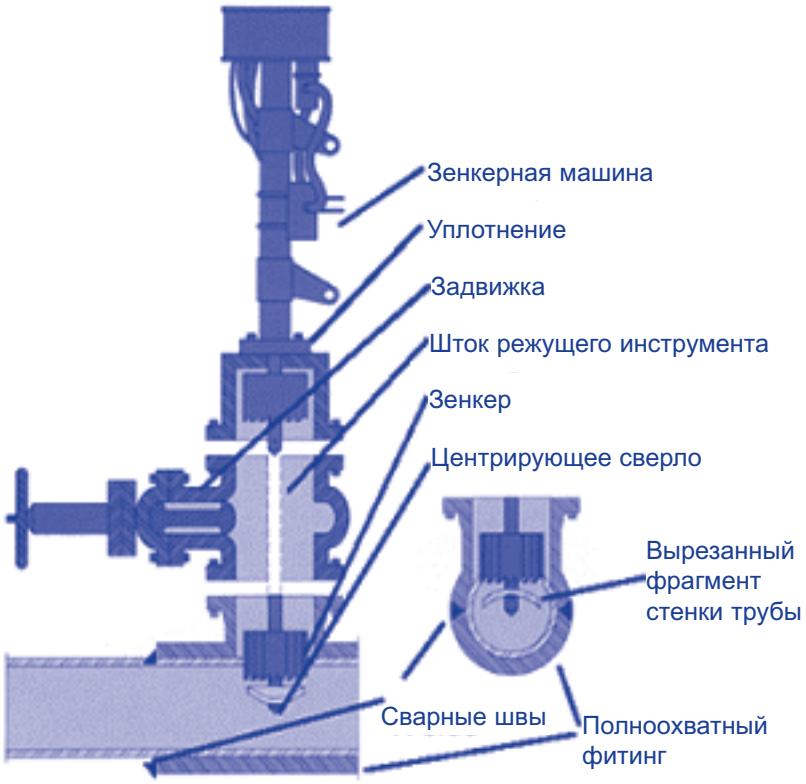
Существует оборудование для горячей врезки для всех размеров труб, материалов, уровней давлений, применяемых в транспортных и распределительных системах. Основное оборудование для стандартной горячей врезки включает сверлильную (зенкерную) машину, фитинг-тройник и задвижку. Описание оборудования приведено ниже и показано на рис. 1.

★ **Зенкерная машина.** Зенкерная машина состоит из механического телескопического штока, несущего режущий инструмент. Режущий инструмент с центрированным сверлом делает контрольное отверстие в трубе для центровки зенкера, который вырезает фрагмент стенки трубы.

★ **Фитинг.** Подсоединение к трубе происходит в пределах фитинга, которым может служить просто приваренный патрубок для небольшого, например, в 1 дюйм (2,54 см), ответвления на трубе большого диаметра, или разъемная муфта-тройник, когда ответвление имеет тот же размер, что и основная труба. Тройник полностью окружает трубу и, будучи приварен, обеспечивает механическую изоляцию между ответвлением и несущей трубой.

★ **Задвижка.** Задвижка при горячей врезке может быть как блокирующей, так и управляющей для нового соединения. Она должна позволять изъятие фрагмента стенки трубы, после того как он будет вырезан зенкером. Возможно применение задвижек с шаровым клапаном или шиберным вентилем, но не с пробковым краном и не с поворотной заслонкой.

Рис. 1: Схема оборудования для горячей врезки



Источник: IPSCO

Рис. 2 иллюстрирует общий случай процесса горячей врезки. Его основные этапы:

1. Установка фитинга на трубопровод с использованием сварки (сталь), крепления болтами (чугун), склейки (пластик) и установка задвижки.

2. Установка зенкерной машины на постоянную заслонку.

3. Непосредственно врезка, путем вырезания фрагмента стенки трубы через открытую заслонку. Специальное устройство удерживает вырезанный фрагмент. Изъятие фрагмента через заслонку, которая после этого закрывается.

4. Снятие зенкерной машины и присоединение отвода к трубопроводу. После продувки заслонка открывается, и отвод запускается в эксплуатацию.

Рис. 2: Схема процесса горячей врезки

Источник: T.D. Williamson Inc.

Горячая врезка может быть осуществлена вертикально, горизонтально или под любым углом, если достаточно места для установки задвижки, фитинга и зенкерной машины. Современные технологии позволяют делать врезки на всех типах трубопроводов с различными диаметрами, при любых давлениях, в разнообразных комбинациях, даже при соединении старых и новых труб. Современное облегченное оборудование позволяет выполнять горячую врезку одному оператору, без дополнительных крепежей и арматуры.

Американский Институт Нефти (API), Американская Ассоциация Инженеров Механиков (ASME) и другие организации предоставляют руководства по выполнению и безопасности сварочных работ на действующих трубопроводах любых мощностей, размеров и месторасположений. В таких инструкциях указано, что нужно

предусмотреть при сварке: предупреждение прожига, величину потока в трубе, толщину металла, наличие фитингов, охлаждение после сварки, температуры металла, устройство отводов, схему сварных соединений, содержимое труб и оборудования.

Документация от производителей и каталоги оборудования также являются источниками информации о типах и размерах применяемого оборудования. Некоторые производители выпустили подробные руководства по проведению работ при горячей врезке, включая информацию по врезке на различных материалах, оценке местоположения и приготовлениям, выбору, установке фитингов и другого оборудования, а также по безопасности. Так как горячая врезка требует соблюдения техники безопасности, очень важно, чтобы каждый отдельный ее проект был предварительно оценен и детализирован. Перед началом работ должно быть подготовлено письменное описание каждой процедуры как гарантии, что все работы будут выполнены надлежащим образом.

Экономические и экологические выгоды

Основные экономические и экологические выгоды применения горячей врезки вместо врезки с перекрытием следующие:

- ★ Непрерывная работа системы: перекрытие и остановка исключаются.
- ★ Отсутствие выбросов газа в атмосферу.
- ★ Исключается резка, деформация и новая сварка участков трубопровода.
- ★ Сокращение расходов по планированию и координации - встречи, расписания, документооборот, трудозатраты.
- ★ Повышение безопасности.
- ★ Отсутствие обязательств по предупреждению потребителей о временном прекращении подачи газа.

Соблюдение инструкций при выполнении горячих врезок поможет сократить как временные затраты, так и вероятность аварийных ситуаций.

Принятие решения

Компании-операторы могут оценить экономическую целесообразность перехода от метода врезок с перекрытием на горячую врезку следуя следующим пяти этапам:

Этап 1: Определение физического состояния трубопровода. В процессе подготовки проекта горячей врезки оператор должен для соблюдения техники безопасности принять во внимание максимальное рабочее давление (в течение времени врезки), материал (сталь, чугун, пластик) и состояние основной трубы (внешняя/внутренняя коррозия, толщина стенки). Горячую врезку можно производить только на трубопроводе с хорошим состоянием трубы. Кроме того, нужно оценить удаленность ближайших задвижек, которые можно будет перекрыть в аварийной ситуации, желаемый диаметр врезки, свободное рабочее пространство вокруг соединения, расположение других сварных швов на трубопроводе, а также другие условия.

Пять этапов экономической оценки применения горячей врезки

1. Определение физического состояния трубопровода.
2. Подсчет стоимости выполнения врезки с перекрытием.
3. Подсчет стоимости выполнения горячей врезки.
4. Оценка прибыли от экономии газа при горячей врезке.
5. Сравнение вариантов и оценка экономической целесообразности использования горячей врезки.

К тому же следует проверить наличие обводов, т.к. многие транспортные компании во избежание перебоев в работе смещают часть нагрузки на параллельные линии. Очень полезно составление письменного плана и следование ему для накопления информации о проведенных работах на трубопроводе.

Этап 2: Подсчет стоимости выполнения врезки с перекрытием. Стоимость реального проекта включает прямые затраты, такие как материалы, оборудование, сварка, контроль качества, стоимость продувки, очистки, трудозатраты и планирование. Дополнительные непрямые, или "скрытые" издержки могут включать в себя стоимость перекрытия задвижек, предупреждение потребителей о приостановке или возобновлении подачи газа, установку пробок и очистку соединений. Операторы могут использовать данные прошедших периодов для определения этих издержек.

Чтобы упростить анализ, предположим, что стоимость материалов и трудозатрат на удаление части трубы и монтаж тройника при врезке с перекрытием сравнима со стоимостью монтажа фитинга и осуществления горячей врезки при условии, что ответвление имеет такой же размер, что и основная линия. Издержки, связанные с выбросами газа, продувкой инертным газом характерны только для врезки с перекрытием.

Формулы, используемые для подсчета стоимости врезки с перекрытием, приведены на рис. 3. Под низким давлением в данных вычислениях понимается давление ниже 2 фунтов на дюйм^2 (13,8 кПа).

Для оценок необходим подсчет стоимости врезки с перекрытием для нескольких проектов в будущем. Долгосрочная перспектива позволит провести более полный сравнительный анализ с учетом капитальных затрат на оборудование для горячей врезки при необходимости нескольких врезок в течение года. Рис. 4 иллюстрирует, как вычисления, приведенные на рис. 3, можно использовать в долгосрочной перспективе. Представленная ситуация включает несколько проектов на трубопроводах с разными размерами и давлениями. Однако, калькуляция затрат дана только для сценария с четырехдюймовой трубой и учитывает только прямые издержки.

Рис. 3: Расчет стоимости врезки с перекрытием

Дано:

D = диаметр трубопровода, дюймы

T = диаметр отверстия врезки (дюймов) для перекрытия под низким давлением диаметр отверстия для пробок, дюймы

L = расстояние между отверстиями - для перекрытия под высоким давлением, футы

P = давление в линии, psia для низкого давления, psig - для высокого давления

P_{pgas} = цена продувочного газа, $/тыс. фут.^{3} - исходя из $4/тыс. фут.^{3}

P_g = цена природного газа, $/тыс. фут.^{3} - исходя из $3/тыс. фут.^{3}

C_e = стоимость дополнительных земляных работ (использовать данные компании), $

C_p = стоимость подключения и работ по продувке, $

C_s = скрытая стоимость перекрытия, см. приложение, $

C_f = стоимость фитингов, см. приложение, $

Время, в течение которого открыты отверстия = из прошлого опыта (мин.)

Вычисление прямых затрат:

1. A = площадь трубопровода (фут.^{2}) = $\frac{3{,}14*D^2}{4*144}\left(\frac{\text{фут.}^2}{\text{дюйм}^2}\right) = \frac{D^2}{183}$
2. V_p = объем трубопровода (тыс. фут.^{3}) = $\frac{A*L}{1\ 000}\left(\frac{\text{тыс. фут.}^3}{\text{фут}^3}\right)$
3. V_{pgas} = объем продувочного газа = $V_p*2{,}2$ (перекрытие+восстановление+20% потерь)
4. C_{pgas} = стоимость азота для очистки = $V_{pgas}*P_{pgas}$
5. V_g = объем потери газа в системах с высоким давлением:

   V_g (тыс. фут.^{3}) = $\frac{D^2*P*\left(\frac{L}{1\ 000}\right)*0{,}372}{1\ 000}$

   V_g = объем потери газа в системах с низким давлением:

   V_g (тыс.фут.^{3}) = $\frac{T2*P*\text{число отверстий}*\text{время}}{60}\left(\frac{\text{часов}}{\text{минут}}\right)$
6. Вычисляем C_g = стоимость выброшенного газа ($) = V_g*F_g

Вычисление непрямых затрат:

1. C_e = стоимость дополнительных работ для врезки, $
2. C_p = стоимость подключения продувки, $
3. C_s = скрытые затраты на перекрытие, $
4. C_f = стоимость фитингов, $
5. C_i = непрямые затраты, $ = $C_e+C_p+C_s+C_f$

Вычисление общих затрат:

C_{total} = общие затраты, $ = $C_g+C_{pgas}+C_i$

Источник: Pipeline Rules of Thumb, p.270 and p.278

Рис. 4: Предполагаемый сценарий и пример расчета стоимости выброшенного газа и очистки газом при врезке с перекрытием

Дано:

Транспортной газовой компании требуется осуществить многочисленные врезки для следующих условий:

Диаметр трубопровода, дюймов (м)	4 (0,1)	8 (0,2)	10 (0,25)	18 (0,45)
Давление на трубопроводе, psig (МПа)	350 (2,4)	100 (0,7)	1 000 (7)	200 (1,4)
Длина трубопровода[1], миль (км)[2]	2 (3,2)	1 (1,6)	3 (4,8)	2 (3,2)
Врезок в год[3], шт.	250	30	25	15

(1) Вычисления: V_g = Объем выброшенного газа

$$V_g \text{ (тыс. фут.}^3\text{)} = \frac{D^2 * P * \left(\frac{L}{1\,000}\right) * 0{,}372}{1\,000}$$

$$V_g = \frac{4^2 * 350 * \left(\frac{2 * 5\,280}{1\,000}\right) * 0{,}372}{1\,000}$$

V_g = 22 (0,6) тыс. фут.^{3} (тыс. м^3)

(2) Вычисления: V_{pgas} = Объем газа для продувки [4]

$$V_{pgas} \text{ (тыс. фут.}^3\text{)} = \frac{\left(\frac{D^2 * L}{183}\right)}{1\,000} * 2{,}2$$

$$V_{pgas} = \frac{\left(\frac{4^2 * 2 * 5\,280}{183}\right)}{1\,000}$$

V_{pgas} = 2 (0,06) тыс. фут.^{3} (тыс. м^3)

(3) Вычисления: Стоимость газа, выброшенного и истраченного на продувку при врезке с перекрытием

Стоимость = Cg + Cpgas = Vg*Pg + Vpgas*Ppgas

Стоимость = (22 тыс. фут.^{3}*$3/тыс. фут.^{3}) + (2 тыс. фут.^{3}*$4/тыс. фут.^{3})

Стоимость = $74 на каждое соединение на 4-дюмовом трубопроводе

[1] Длина участка трубопровода между закрытыми задвижками или пробками
[2] В формуле должна быть длина в футах. 1 миля = 5 280 футов
[3] Предположения основаны на опыте производителей и партнеров программы
[4] В качестве инертного газа взят азот

Как и в других случаях, необходимо учитывать опыт различных компаний, чтобы определить необходимость выполнения конкретных работ с учетом реальных факторов при выполнении врезки с перекрытием. Вышеописанные процедуры учитывают лишь общие моменты первичной экономической оценки и могут отличаться в разных компаниях. Другие факторы, специфические для каждой компании, включают в себя утечку газа через задвижки на обоих концах перекрытия, количество пробок, отверстий для выпуска газа и очистки, тип инертного газа. В частности, важно знать объем утечки, т.к. задвижки на трубопроводах большого диаметра могут протекать достаточно сильно вследствие того, что из-за редкого использования они загрязняются и происходит ухудшение изоляции. Уровень утечки может сильно варьировать и зависит от типа задвижки, срока эксплуатации, давления в трубопроводе и типа продукта (сухой газ вызывает меньшие коррозию и загрязнения, чем влажный). Если индивидуальная оценка партнера, основанная на результатах данного опыта применения, свидетельствует об экономической целесообразности, то опыт компании по устранению утечек через задвижки должен учитываться для получения более высоких экономических показателей.

Этап 3: Подсчет стоимости выполнения горячей врезки. При сравнении предполагаемых затрат горячей врезки и врезки с перекрытием единственным существенным отличием является стоимость оборудования для горячей врезки. Т-образный фитинг или полноохватный тройник, заслонка стоят приблизительно одинаково для каждого из методов, при условии, что ответвление имеет тот же размер, что и основная труба (типы и стоимость фитингов приведены в приложении). Стоимость сварки для тройника и фитинга также сравнимы. Стоимости трудозатрат на обычную резку трубопровода и горячую врезку довольно близки для такого типа работ. Стоимость обслуживания необходимо учитывать только при горячей врезке, например, это касается заточки сверла, ремонта и замены других узлов.

Существуют зенкерные машины разных размеров, например, для врезки от 3 до 12 дюймов (от 7,6 до 30,5 см). Для врезок малого диаметра (от 1 до 3 дюймов (от 2,5 до 7,6 см)) можно приобрести более дешевые машины. Обычно капитальные затраты на приобретение оборудования для горячей врезки, используемого большинством транспортных газовых компаний для ответвлений наиболее распространенных размеров, колеблются от $13 200 до $23 000.

Стоимость оборудования - это единовременные капитальные затраты, амортизация по которым происходит в течение срока эксплуатации, обычно 15-20 лет. Должно быть учтено, как часто оборудование будет использовано в будущем. Для этого необходимо проверить по прежней документации, как часто делались подобные отводы раньше.

Вероятнее всего, компания, производящая несколько горячих врезок в год, сочтет выгодным приобретение оборудования и обучение персонала, например, для размеров до 12 дюймов (30,5 см). Такие работы обычно проще и требуют меньших затрат на обучение, чем работы на больших диаметрах. Для более редких врезок больших диаметров компания может посчитать более выгодным привлечение подрядчика с оборудованием и персоналом. Большинство производителей поставляют все необходимое оборудование, включая сверлильные машины, фитинги, заслонки, зенкеры и оказывают услуги

по ремонту. Кроме того, большинство производителей могут осуществить редкие виды работ или сдать оборудование в аренду. Самостоятельно осуществляя некоторые виды работ, такие как земляные работы, сварка, замена кранов, можно снизить затраты на приглашение подрядчиков.

При рассмотрении альтернативы наема подрядчика покупке оборудования для горячей врезки следует учитывать такие параметры трубопровода, как толщина стенок, материал трубы, давление и температура в линии. Компания должна оценить, насколько часто она будет использовать оборудование, сможет ли она оправдать покупку, обслуживание оборудования и обучение персонала.

В таблице рис. 5 представлен уровень стоимости горячей врезки при покупке оборудования и при использовании посторонних услуг. Показанная стоимость включает все материалы, однако, как отмечено выше, не учтены дополнительные затраты на работу и обслуживание. Производители утверждают, что затраты на работу и обслуживание варьируются в очень широких пределах, в зависимости от количества произведенных врезок и профессионализма персонала.

Рис. 5: Стоимость горячей врезки				
Размер отвода, дюймы	Капитальные затраты, $		Стоимость стороннего сервиса, $	Стоимость эксплуатации и обслуживания оборудования, $
	оборудование[1]	материалы		
Маленькие врезки (<12")	13 200 - 23 000	-	-	500 - 5 000
Большие врезки (>12")	100 000 - 200 000[2]	2 000 - 9 120[2]	1 000 - 4 000	-

[1] Оборудование для горячей врезки может проработать от 5 до 40 лет. Компания может выполнять около 400 небольших врезок в год.
[2] Многие компании найдут более выгодным нанять подрядчика для больших врезок, и таким образом не понесут этих затрат.

Примечание: данные предоставлены производителями оборудования и операторами горячей врезки. Учтены только цены на наиболее экономически выгодные операции.

В таблице рис. 6 показаны затраты на оборудование, его обслуживание и оплату подрядчиков для предполагаемого осуществления 320 врезок в год по плану, приведенному на рис. 4. Подразумевается, что 4-дюймовые, 8-дюймовые и 10-дюймовые врезки (всего 305 врезок) будут произведены собственными силами компании. Несколько раз в год производятся врезки диаметром 18 дюймов или более (всего 15 врезок). Для осуществления таких врезок будет нанят подрядчик. Стоимость оборудования включает покупку двух маленьких (менее 12 дюймов) установок для врезки. В рамках данного отчета для анализа затрат по предполагаемому сценарию использована средняя стоимость покупки, обслуживания и контракта с подрядчиком из рис. 5. Исходя из этих предположений, итоговая стоимость оборудования составляет $36 200, стоимость эксплуатации и обслуживания $5 500, стоимость услуг подрядчика $37 500.

Рис. 6: Оценочная годовая стоимость горячих врезок для предполагаемого сценария
Дано: Стоимость оборудования за единицу = $18 100[1] Стоимость эксплуатации и обслуживания на единицу оборудования = $2 750[1] Стоимость услуг подрядчика на врезку = $2 500[1] Количество установок для врезки = 2 Количество врезок, выполненных сторонней организацией = 15 (все врезки 12 дюймов и более) **Вычисление:** Итоговая стоимость оборудования = $18 100 * 2 = $36 200 Итоговая стоимость эксплуатации и обслуживания = $5 500 Стоимость услуг подрядчика = $2 500 * 15 = $37 500
[1] Средняя стоимость из рис. 5

Этап 4: Оценка прибыли от экономии газа при горячей врезке. Рис. 7 показывает, какова экономия от предотвращения потерь природного газа и исключения затрат на продувочный инертный газ за счет применения горячей врезки на трубопроводах малого и большого диаметров при 320 врезках в год. Величина экономии вычислена с помощью формул рис. 3 с учетом количества врезок в год. Основная экономия от замены врезок с перекрытием на горячие врезки - это экономия от предотвращения выбросов природного газа.

Рис. 7: Оценочная годовая экономия газа для предполагаемого сценария

Сценарий врезки [1]	Количество врезок в год	Экономия природного газа		Экономия очистного газа [2]		Общая экономия газа [3]
Трубопроводы		тыс. фут.^{3} (тыс. м^3) на врезку	тыс. фут.^{3} (тыс. м^3) в год	тыс. фут.^{3} (тыс. м^3) на врезку	тыс. фут.^{3} (тыс. м^3) в год	$
4 дюймовый трубопровод 350 фунтов на дюйм (2,4 МПа), участок длиной 2 мили (3,2 км)	250	22 (0,6)	5 500 (155,7)	2 (0,05)	500 (14,1)	18 500
8 дюймовый трубопровод 100 фунтов на дюйм (0,7), участок длиной 1 миля (1,6 км)	30	13 (0,4)	390 (11)	4 (0,1)	120 (3,4)	1 650
10 дюймовый трубопровод 1 000 фунтов на дюйм (7 МПа), участок длиной 3 мили (4,8 км)	25	589 (16,7)	14 725 (417)	19 (0,5)	475 (13,4)	46 075
18 дюймовый трубопровод 200 фунтов на дюйм (1,4 МПа), участок длиной 2 мили (3,2 км)	15	255 (7,2)	3 825 (108,3)	41 (1,2)	615 (17,4)	13 935
Всего в год	320		24 440 (692,1)		1 710 (48,4)	80 160

1 Размеры и количество врезок из сценария, приведенного на рис. 4.
2 на примере 4 дюймовой врезки из рис. 4.
3 При цене природного газа $3/тыс. фут.^{3} ($106/тыс. м^3) и цене инертного газа $4/тыс. фут.^{3} ($143/тыс. м^3).

Этап 5: Сравнение вариантов и оценка экономической целесообразности использования горячей врезки. Экономический анализ, приведенный на рис. 8, показывает разницу в затратах и выгоды между методами горячей врезки и врезки с перекрытием для предполагаемого сценария с 320 врезками в год. Значительные затраты приходятся на покупку, эксплуатацию и обслуживание оборудования для горячей врезки и/или оплату услуг подрядчика. В сценарии учтены оба вида затрат: приобретение двух установок для горячей врезки за $36 200 для малых размеров и оплата работы подрядчика за15 врезок больших размеров ($37 500 в год). Обслуживание купленного оборудования для горячей врезки обходится в $5 500 в год. Этот расчет приведен на рис. 6. Некоторые статьи расходов, такие как стоимость фитингов, задвижек и трудозатрат, были заданы одинаковыми для обоих случаев и поэтому исключены из данного анализа. Более детальный анализ можно провести с учетом специфичных для каждой компании "скрытых" расходов с использованием рис. 3.

Значительная экономия заключается в предотвращении выбросов природного газа и затрат на продувочный инертный газ при врезке с перекрытием. Как показано на рис. 7, сэкономленные за год 24 440 тыс. фут.^{3} (684 тыс. м^3) природного газа стоят $73 320 в год при цене на газ $3 за тыс. фут.^{3} ($106 за тыс. м^3). Сэкономленные 1 710 тыс. фут.^{3} (48 тыс. м^3) инертного газа в год стоят $6 840 при цене азота $4/тыс. фут.^{3} ($143/тыс. м^3). Итоговая выгода составляет $80 160. Дополнительная выгода от предотвращения утечки газа через блокирующие задвижки трубопровода в процессе врезки с перекрытием еще больше усилит экономический эффект от применения горячей врезки.

Рис. 8: Экономический анализ замены врезки с перекрытием на горячую врезку

	Год 0	Год 1	Год 2	Год 3	Год 4	Год 5
Капитальные затраты, $	(36 200)	0	0	0	0	0
Услуги подрядчика, $	0	(37 500)	(37 500)	(37 500)	(37 500)	(37 500)
Стоимость эксплуатации и обслуживания, $	0	(5 500)	(5 500)	(5 500)	(5 500)	(5 500)
Общая стоимость, $	(36 200)	(43 000)	(43 000)	(43 000)	(43 000)	(43 000)
Экономия на природном газе, $		73 320	73 320	73 320	73 320	73 320
Экономия на инертном газе, $		6 840	6 840	6 840	6 840	6 840
Чистая выгода, $	(36 200)	37 160	37 160	37 160	37 160	37 160
Период окупаемости (мес.)						12
IRR						113%
NPV[1]						$104 665

[1] Чистая приведенная стоимость (NPV) исходя из ставки дисконтирования 10% на 5 лет.

В заключение отметим, что метод горячей врезки оказался более экономически выгодным, чем метод врезки с перекрытием. Даже в случаях, когда система все равно должна быть перекрыта, метод горячей врезки позволяет сэкономить время и средства. Отметим, что метод горячей врезки применялся некоторыми компаниями не из соображений экономии газа, поэтому довод, что при этом еще сокращается эмиссия метана, может способствовать применению горячей врезки в самых разнообразных обстоятельствах.

Опыт одного из поставщиков

Один поставщик сообщает, что для транспортной газовой компании день работы 36-дюймового трубопровода при давлении 1 000 фунтов на дюйм^2 (7 МПа) стоит $365 000. Врезка с перекрытием займет около 4 дней и обойдется в 1,5 миллиона долларов без учета стоимости выброшенного газа. Горячая врезка позволит избежать финансовых потерь за счет непрерывной подачи газа.

Опыт применения

Газопроводы, как правило, дополняются несколькими отводами в год. Применение горячих врезок может способствовать сокращению эмиссии метана из газопроводов и повышению экономической эффективности работ. Далее кратко обобщен опыт применения партнерами и поставщиками оборудования для горячей врезки.

- ★ Горячая врезка используется газоперекачивающими компаниями на протяжении десятков лет. Оценив экономию газа, получаемую при использовании этого метода, можно рекомендовать ее применение во многих случаях, в которых раньше она не использовалась.
- ★ Место отвода должно быть некорродированным, не должно содержать выбоины или отслоения.
- ★ Горячую врезку не следует производить в непосредственной близости от вращающегося оборудования или автоматических контрольных задвижек, если это оборудование не защищено.
- ★ Для врезок на стальных трубах фитинги привариваются к основной трубе. Однако, при врезке в чугун фитинги из асбоцемента или бетона не могут быть приварены к основной трубе. В таких случаях следует применять альтернативные технологии присоединения фитинга, такие как чугунный обжимной рукав или хомут.
- ★ При работе с пластиковыми системами пользователь должен убедиться в том, что фитинг совместим с данным типом пластиковой трубы и что выбран правильный метод соединения. Производители поставляют фитинги почти для всех типов пластиковых систем.
- ★ Если компания до этого не проводила горячих врезок, процедура должна быть детально проработана, а персонал обучен. Обязательно нужны инструкции на случай возможного прожига или гидрокрекинга в процессе сварки.

- ★ Все оборудование должно соответствовать минимальным требованиям индустриальных и государственных стандартов по давлению, температуре и условиям эксплуатации.

- ★ За подробными инструкциями следует обращаться к индустриальным и федеральным кодам и стандартам (например, ASME B31.8, API 2201, API 1104, API D12750, 49 CFR 192).

- ★ Необходимо проконсультироваться с производителями фитингов или оборудования, используемого для горячей врезки, в случае, если температура, давление, материал, из которого изготовлены трубы, или диаметр врезки нетипичны для системы оператора.

- ★ Данные о сокращении эмиссии метана, связанные с применением горячих врезок, следует включать в годовой отчет программы Natural Gas Star.

Литература

American Petroleum Institute. *Procedures for Welding or Hot Tapping on Equipment in Service*. API Recommended Practice 2201, Third and Fourth Editions, October 1985 and September 1995.

American Petroleum Institute. *Welding of Pipelines and Related Facilities*, Publication No. 1104, 19th Edition, September 1999.

American Society of Mechanical Engineers (ASME). ASME Code for Pressure Piping, B3I, ASME B31.8-1995 Edition.

Bruce, William A. Edison Welding Institute. Personal contact.

Burns, David. TransCanada Hot Taps. Personal contact.

Chaput, James. Michigan Gas. Personal contact.

Chila, Vern. International Piping Services Company. Personal contact.

Davaney, Tom. Con Edison. Personal contact.

Doig, Deanna. TransCanada Alberta System, TransCanada Pipelines. Personal contact.

Hranicka, Anthony. Con Edison. Personal contact.

Hydra-Stop, Inc. A Pressure Installation Primer: Basic Information and Procedures for Line Tapping and Linestopping.

LaShoto, Paul. Bay State Gas. Personal contact.

McAllister, E.W. Editor. *Pipeline Rules of Thumb Handbook*. Fourth Edition, Gulf Publishing Company.

McElligott, John A., John Delanty, and Burke Delanty, “Use of Hot Taps for Gas Pipelines Can be Expanded,” Oil and Gas Journal, 11/30/98.

McMicken, Mike and Brian Boucher. Team Industrial Services, Inc. Personal contact.

Petolick, Don and Gary Vanderhye. Hydra-Stop, Inc. Personal contact.

Rodgers, Erick. Topaz Inc. Personal contact.

Smith, Sharlye. Mueller Co. Personal contact.

Vandervort, Dal and T.D. Williamson. Inc. Personal contact.

Venugopal, Shrikanth. TransCanada Transmission. Personal contact.

Tingley, Kevin. EPA Natural Gas STAR Program. Personal contact.

U.S. Code of Federal Regulations. Title 49, Part 192 (49 CFR 192), Subpart D, “Transportation of Natural and Other Gas by Pipeline: Minimum Federal Safety Standards; Design of Pipeline Components”.

Приложение: Дополнительная информация

Задвижки. Для горячей врезки используют, как правило, полностью открывающиеся шаровые или клиновые задвижки. Поставщики труб могут предоставить цены на задвижки и фитинги, если им дать полную информацию: размер трубы, размер отвода, тип продукта в трубопроводе, давление и материал.

Тройники/Фитинги. Есть несколько различных типов сварных и механических фитингов, пригодных для горячей врезки, включая велдолет, резьбовой резец, штуцер со скосом, тройник или полноохватную скобу. Самый обычный фитинг для врезки - это разъемный чугунный рукав. Цена обычно варьирует в зависимости от размера, мощности фланца (ANSI/давление) и других характеристик. Типичные цены на фитинги от производителей представлены ниже.

TD Williamson - Цены на полный разъемный тройник, $	
Размеры (труба x отвод), дюйм	
16" x 16"	$2 000
18" x 18"	$3 000
20" x 20"	$5 000
24" x 24"	$6 000
30" x 30"	$9 000
40" x 16"	$2 500
60" x 16"	$2 500
Цена для мощности фланца 300#. Есть фитинги с фланцами на 150#, 400#, 600#, 900# и 1500# и размерами от 1" x 1" до 96" x 96".	

Topaz - Цены на тройник, $			
Размеры (труба x отвод), дюйм	Мощность фланца 150#	Мощность фланца 300#	Мощность фланца 600#
2" x 2"	$386	$399	$443
4" x 4"	$407	$428	$481
12" x 12"	$1 394	$1 484	$1 624
20" x 20"	$3 645	$3 857	$4 290
12" x 4"	$1 248	$1 251	$1 347
20" x 8"	$1 428	$1 468	$1 521
Также есть фитинги других размеров.			

Topaz - Цены на полноохватную скобу, $		
Размеры (труба x отвод), дюйм	Часть 1	Часть 2
2" x 2"	$227	$189
4" x 4"	$227	$189
12" x 12"	$645	$539
20" x 20"	N/A	$1 306
12" x 4"	$594	$495
20" x 8"	$1 303	$1 076
40" x 16"	N/A	$3 493
Также есть фитинги для других размеров.		

Один из возможных видов скрытых затрат при врезке с перекрытием - это оповещение потребителей при отсутствии дополнительного источника газоснабжения. Процедура подразумевает два визита для перекрытия и возобновления сервиса. Как правило, визит к одному потребителю в жилом секторе занимает от 15 до 30 минут, в то время как визит к корпоративному клиенту отнимет около часа. Согласно данным Бюро трудовой статистики США, зарплата сотрудника по такому виду деятельности составляет около $9,75/час.

Стоимость включения = [(Количество частных лиц) * (0,38 часа)] + [(количество корпоративных клиентов) * (1 час)] * $9,75/час.

Выполнение врезки с перекрытием не всегда возможно в течение желаемого времени. Чтобы перекрыть линию, может потребоваться дополнительное планирование необходимых земляных и монтажных работ, оповещение клиентов и оплата внеурочных часов. Эти затраты - переменные и зависят от компании и внутренних факторов.

Существуют и другие дополнительные затраты, такие как планирование, объем работы, количество внеурочных часов и реклама, которые специфичны для каждой компании и не являются предметом данного исследования. Эти затраты можно оценить по опыту прошлых врезок. Необходимо ознакомиться с отчетами прошлых работ, чтобы определить, каких затрат можно избежать, выполняя горячие врезки вместо врезок с перекрытием.

United States
Environmental Protection Agency
Air and Radiation (6202J)
1200 Pennsylvania Ave., NW
Washington, DC 20460

EPA430-B-03-010
Декабрь 2003 г.