



**КАРАМЛИ ШАХИН  
САРДАР ОГЛЫ**

Инженер 1-й категории  
производственно-технологического  
отдела транспортировки газа  
ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ»

## МЕТОДЫ УТИЛИЗАЦИИ И ПОЛЕЗНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА НА МАЛЫХ И УДАЛЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ



### Введение

На сегодняшний день в условиях ужесточения экологических норм проблема сжигания попутного нефтяного газа (ПНГ) становится как никогда актуальной. С 2020 года в РФ был установлен повышающий коэффициент на штрафы –  $K_{\text{пнп}}$ , который равняется 100 (п. 5 ст. 16.3 ФЗ-7 об охране окружающей среды), что значительно увеличивает размер штрафов за сжигание ПНГ. Помимо выплаты штрафов предприятие, ведущее добычу на месторождении, может лишиться лицензии на его разработку. Данный риск связан с невыполнением требований лицензионного соглашения между предприятием и государством.

Кроме того, сейчас становится актуальным вопрос сокращения углеродного следа. Сжигание ПНГ относится к прямым выбросам парниковых газов, возникающим при производстве и добыче, что является основной долей при расчете углеродного следа предприятия. Говоря о технико-экономической стороне проблемы, стоит отметить, что ПНГ является высокопотенциальным энергетическим ресурсом. При подборе правильной технологии, в первую очередь – при тщательной подготовке газа, возможно использование ПНГ в качестве тепловой энергии или в качестве источника электроэнергии (газотурбинные электростанции, парогазовые установки, поршневые газовые двигатели).

Стоит отметить, что наличие газотранспортной системы, охватывающей все месторождения нефтегазодобывающего предприятия в цикле «месторождение–завод», является одним из самых оптимальных способов полезного использования ПНГ, так как на мощностях перерабатывающего завода попутный газ перерабатывается в широкий спектр продукции для дальнейшей реализации на рынке сбыта. Но в большинстве случаев газотранспортная система охватывает не все месторождения. Для малых и удаленных месторождений, где вывоз нефти происходит с помощью автотранспорта, строительство газотранспортной системы экономически нецелесообразно ввиду малых объемов добычи ПНГ.

#### Цель научной работы:

Поиск и внедрение технологий по полезному использованию ПНГ на малых и удаленных месторождениях.

**Для достижения указанной цели были поставлены и решены следующие задачи:**

- изучение проблемы использования ПНГ в качестве топлива для энергетических установок,
- анализ возможных методов и технологий использования ПНГ,
- подбор технологии и объекта для проведения испытаний,
- проведение опытно-промышленных испытаний на выбранных объектах,
- анализ результатов работы установки и технико-экономическое обоснование проекта.

### Актуальность проблемы

Утилизация ПНГ и его полезное использование остается ключевой задачей для всей мировой нефтегазовой отрасли, решение которой требует постоянного развития технологий и поиска новых решений

Из-за сжигания ПНГ Россия теряет около 139,2 млрд руб/год (консолидированная стоимость жидких углеводородов, пропана, бутана и сухого газа, производимых при переработке ПНГ).

### Пути утилизации ПНГ

В настоящее время существуют и другие возможные пути утилизации попутного газа, альтернативные сжиганию на факелах.

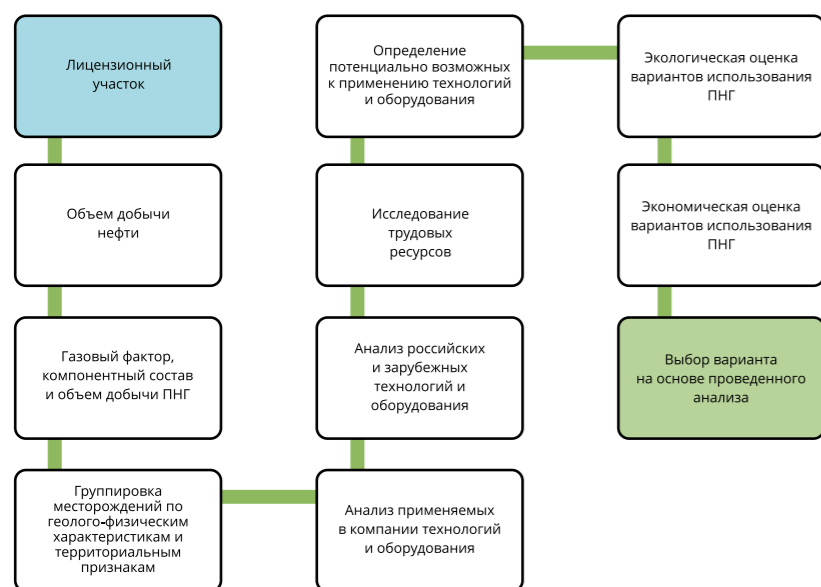
Выделим следующие:

- повторная закачка ПНГ в нефтеносные пласты.
- использование газов в качестве источников энергии.
- переработка на газоперерабатывающих заводах.

В таблице 1 на стр. 69 приведён обзор всех методов утилизации ПНГ, в которых основное внимание уделяется удельным затратам, экономическим выгодам и воздействию на окружающую среду. Самым капиталоемким является электрогенерация, требующая высоких удельных затрат на кубический метр использованного газа. Наиболее эффективный способ утилизации попутного нефтяного газа – его переработка на газоперерабатывающих заводах с получением сухого отбензиненного газа (СОГ), широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ), сжиженного природного газа (СПГ) и стабильного газового бензина (СГБ). Но данный метод требует наличия газотранспортной системы, охватывающей все месторождения.

На стр. 68 представлен алгоритм, который применялся в работе для подбора технологии.





Выбор оптимального варианта использования попутного нефтяного газа зависит от требований лицензии по месторождению, объемов добычи, территориального расположения, опыта применения технологий.

В ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» необходимо решить проблему утилизации ПНГ в ЦДНГ-10. В частности, на Ручьевском и Зуятском месторождениях. В рамках системы сбора там применяются передвижные комплексы исследования и освоения скважин (ПКИОС). Жидкость со скважин поступает по сборным коллекторам на приемный сепаратор ПКИОС, где отсепарированный газ в полном объеме сжигается на факельной установке, а нефть транспортируется с помощью автоцистерн.

Данные месторождения характеризуются удаленностью от системы транспорта газа и малыми объемами добычи ПНГ.

С учетом малых объемов добычи, удаленности данных месторождений от существующей нефтегазотранспортной инфраструктуры, а также, следуя алгоритмам выбора технологии для полезного использования ПНГ, оптимальным вариантом на Ручьевском и Зуятском месторождениях видится **выработка электроэнергии в малых масштабах для собственных промысловых нужд.**

#### Arrow

В ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» есть опыт применения газо-поршневых двигателей в составе станков-качалок LUFKIN (США).

Их проверка в промышленных условиях с газовым двигателем показала, что оборудование при соответствующей

эксплуатации и качестве изготовления работоспособно. Основным минус – данное оборудование поставляется совместно со станком-качалкой и не универсально в эксплуатации. Нет возможности обеспечить полезное использование ПНГ на скважинах, оборудованных УЭЦН и УЭВН. Кроме того, любой двигатель, работающий на ПНГ, для обеспечения абсолютно бесперебойной работы и увеличения срока эксплуатации требует подготовки газа. Блок подготовки в состав установки не входит.

Учитывая опыт применения газо-поршневых двигателей, была сформирована идея поиска или разработки энергоустановки на базе двигателя Argrow. В состав установки должен входить блок подготовки газа с сепаратором, абсорбером и фильтром, а также газовый двигатель и генератор.

В результате поиска было выявлено, что на территории РФ нет компаний, производящих подобного рода установки. В рамках взаимодействия с ООО «СДТР-Инжиниринг» по вопросу опытно-промышленных испытаний газо-поршневых двигателей специалистами производственно-технологического отдела транспортировки газа было предложено разработать генераторную установку на базе двигателя «Arrow» с блоком подготовки газа.

Установка была разработана на базе газо-поршневого двигателя Argrow C-255 мощностью 41,8 кВт и генераторной установки Genset-AC 35 кВт 50 Гц.

#### Altronic

В рамках взаимодействия с ООО «СДТР-Инжиниринг» для Зуятского месторождения была подобрана технология – система смещения топлив **Altronic GTI Bi-Fuel®** (разработка компании Altronic LLC), позволяющая значительно сократить стоимость эксплуатации и снизить вредные выбросы промышленных дизельных двигателей. Это достигается путем замещения части дизельного топлива на более дешевый и экологически чистый природный (попутный) газ.

Применение данной технологии значительно сокращает расходы на выработку электроэнергии с помощью дизельных генераторов. Целесообразно использование двухтопливной системы Altronic совместно с блоком подготовки газа при разработке и вводе в эксплуатацию новых удаленных месторождений, где не обеспечена необходимая инфраструктура по подключению к единым сетям

Таблица 1

Способы утилизации	Капитальные вложения, руб/м <sup>3</sup>	Экономический эффект, руб/м <sup>3</sup>	Упущенная выгода, руб/м <sup>3</sup>	Экологический ущерб, млн т CO <sub>2</sub>
Сжигание	0,1 (строительство факельной установки и подводящих трубопроводов)	- 2,8 (ущерб в размере штрафа от сжигания)	от -2,8 до -22,6 (диапазон от экономии на штрафе до дохода от продажи нефтехимических продуктов)	7,1 (выбросы в атмосферу вредных веществ)
Обратная закачка в нефтяной пласт	4,4 (система сбора и нагнетания газовые скважины)	0 (возможное увеличение нефтеотдачи)	от -3 до -19,8 (диапазон от экономии на штрафе до дохода от продажи нефтехимических продуктов)	0 (экономический эффект принят равным нулю)
Глубокая переработка	13,8 (максимальные капитальные затраты на создание всего комплекса инфраструктуры: система сбора ПНГ, компрессорные станции и газоперерабатывающие мощности, транспортировка СОГ и ШФЛУ)	19,8-20,1 (усреднённый экономический эффект – монетизация метана (сухой отбензиненный газ) как топливного газа, монетизация ШФЛУ как сырья для нефтехимии с дальнейшим производством конечных изделий из полимеров и синтетического каучука)	0 (упущенная выгода отсутствует (более глубокая переработка в рамках модели невозможна))	0 (типичные выбросы парниковых газов CO <sub>2</sub> , CH <sub>4</sub> , NO <sub>x</sub> с ГПЗ и нефтехимических производств (по данным РУПЕК) с учётом коэффициентов парникового эффекта каждого газа)
Электрогенерация	54,2 (система сбора ПНГ, газотурбинные установки)	3,6-5,2 (доход от собственной электрогенерации)	от -2,4 до -14,6 (диапазон от доходов от утилизации на мини-ГПЗ до доходов от продажи нефтехимических продуктов)	1,2 (экологические риски с углеродными выбросами при масштабной электрогенерации)

электроснабжения. В дополнение к этому уже на начальном этапе эксплуатации месторождения появляется возможность полезного использования ПНГ.

Рассмотренные технологии: генераторная установка на базе газового двигателя «Arrow» и система смешения топлив «Altronic» были выбраны на основе алгоритма выбора технологии для полезного использования попутного нефтяного газа. Данные технологии удовлетворяют всем основным требованиям для утилизации ПНГ на Зуятском и Ручьевском месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ».

Были учтены следующие факторы:

- малые объемы добычи нефти и газа,
- удаленность от газотранспортной системы,
- удаленность от систем поддержания пластового давления,
- удаленность от установок подготовки нефти,
- выбор технологии на основе имеющего опыта применения в Обществе,
- использование уже задействованного оборудования,

- низкие капитальные вложения и эксплуатационные затраты,
- невысокая требовательность к качеству попутного нефтяного газа,
- короткие сроки монтажа и вывода на режим.

После выбора технологии были организованы опытно-промышленные испытания с целью определения эффективности.

#### ОПИ

В период с июля по сентябрь 2019 г. были организованы опытно-промышленные испытания двух-топливной системы Altronic на Зуятском месторождении и генераторной установки с газовым двигателем Argrow C-255 на Кокуйском месторождении.

**Результаты ОПИ Altronic:** По результатам ОПИ средний уровень замещения дизельного топлива составил – 80,2%. Средний объем потребления ПНГ составил – 21,6 м<sup>3</sup>/час при среднем расходе электроэнергии 34,6 кВт\*ч.



**Результаты ОПИ Arrow:** В результате испытаний установка была запущена и показала стабильную работу. Расход газа составил 16-19 м<sup>3</sup>/час.

Выбранные технологии для полезного использования ПНГ показали свою эффективность и применимость на малых и удаленных месторождениях. Установки работали стабильно при различных уровнях внешней нагрузки, а также при постоянном изменении давления газа на входе в блоки.

### ТЭО

После проведения ОПИ был рассчитан экономический эффект от применения указанных технологий.

Для его оценки был проведен сравнительный анализ из трех вариантов:

- Вариант № 1 (базовый): сжигание ПНГ.
- Вариант № 2: применение выбранной технологии.
- Вариант № 3: строительство газотранспортной системы.

### Altronic

ЕСУ вариант «Базовый»	Базовый вариант	Вариант с Altronic	Вариант с газопроводом	
Операционные расходы	млн.руб	97	-250	-97
Инвестиционные расходы	млн.руб	0	60	502
NPV (чистый приведенный доход)	млн.\$	-0,41	0,28	-6,15
IRR (внутренняя норма доходности)	%	0,0%	23,3%	0,0%
РВР (срок окупаемости)	лет	не окуп.	6	не окуп.
Экономически обоснованный срок	лет	0	15	0

По результатам проведенной технико-экономической оценки применение оборудования «Altronic» экономически целесообразно, поскольку обеспечивает:

- выполнение нормативных требований по утилизации попутного нефтяного газа;
- экономию на платежах за выбросы вредных веществ при сжигании ПНГ на сумму 77,6 млн руб. за 15 лет (в ценах 2021 года);
- сокращение затрат на дизельное топливо на сумму 126 млн руб. за 15 лет (в ценах 2021 года);

Суммарный эффект от применения оборудования NPV15 = 0,28 млн долл., срок окупаемости 6 лет.

### Arrow

ЕСУ вариант «Базовый»	Базовый вариант	Вариант с Arrow	Вариант с газопроводом	
Операционные расходы	млн.руб	14	-88	-14
Инвестиционные расходы	млн.руб	0	25	64
NPV (чистый приведенный доход)	млн.\$	-0,06	0,05	-0,78
IRR (внутренняя норма доходности)	%	0,0%	18,5%	0,0%
РВР (срок окупаемости)	лет	не окуп.	7	не окуп.
Экономически обоснованный срок	лет	0	15	0

По результатам проведенной технико-экономической оценки применение генераторной установки с газовым двигателем «Arrow» С-255 экономически целесообразно, поскольку обеспечивает:

- выполнение нормативного требования по 95%-ой утилизации попутного нефтяного газа;
- экономию на платежах за выбросы вредных веществ при сжигании ПНГ на сумму 77,6 млн руб. за 15 лет (в ценах 2020 года);
- сокращение затрат на эксплуатацию ДГУ на сумму 62,715 млн руб. за 15 лет (в ценах 2020 года);

Суммарный эффект от применения оборудования NPV = 0,05 млн долл., срок окупаемости 7 лет.

По результатам технико-экономического расчета срок окупаемости не превысил 7 лет, NPV по каждой методике положительный.

### Список литературы

1. Технологический регламент ПКИОС Зуятского месторождения.
2. Технологический регламент ПКИОС Ручьевского месторождения.
3. <https://neftegaz.ru/tech-library>
4. Стационарные газотурбинные установки / Л. В. Арсеньев, В. Г. Тырышкин, И. А. Богов и др.; Под ред. Л. В. Арсеньева и В. Г. Тырышкина. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1989. – 543 с: ил.
5. Основы энергосбережения: Учеб. пособие / М. В. Самойлов, В. В. Паневчик, А. Н. Ковалев. 2-е изд., стереотип. – Мн.: БГЭУ, 2002. – 198 с.
6. Баскаков А. П., Берг Б. В., Витт О. К. и др. Теплотехника: Учебник для вузов / Под ред. А. П. Баскакова. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 224 с.
7. ПОПУТНЫЙ НЕФТЯНОЙ ГАЗ – ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ Белоусова В.С.
8. Инновационные технологии переработки и использования попутного нефтяного газа В. М. Бузник, 2010, – 174 с.
9. Проблемы использования попутного нефтяного газа в России. В.С. Смирнов, 2001, – 26 с.
10. <https://www.clarke-energy.com/applications/associated/>
11. Handbook of Natural Gas Transmission and Processing, Saeid Mokhatab, 2015, 628 с.

# КОМПЛЕКС УСЛУГ ДЛЯ НЕФТЕСЕРВИСНОГО ЦИКЛА



Страны присутствия  
Сервисные центры



Россия



Азербайджан



Казахстан



Кувейт



Аргентина



Ирак

### Сервисное сопровождение нефтепромыслового оборудования:

- сервис УЭЦН
- сервис ППД

### Инновационные решения в сфере механизированной добычи нефти УЭЦН:

Комплексное решение задачи по снижению себестоимости добычи нефти за счет:

- увеличения наработки
- увеличения добычи
- снижения энергопотребления

Разработка, внедрение и обслуживание оборудования для особо сложных условий эксплуатации

Освоение скважин с помощью технологии ColibriESP

### Выполнение работ за рамками стандартных договоров на обслуживание (изоляция негерметичности колонны, исследование скважин, химический анализ проб пластовой жидкости)



США (Хьюстон, Вайоминг)



Колумбия



Эквадор



Египет



Индонезия



ОАЭ

Египет

Индонезия

ОАЭ

Ирак