УДК 553.981.8

ОБЗОР ИННОВАЦИОННЫХ МЕТОДОВ УТИЛИЗАЦИИ ПОПУТНОГО НЕФТЯНОГО ГАЗА

♦♦♦♦♦

OVERVIEW OF INNOVATIVE METHODS FOR ASSOCIATED PETROLEUM GAS UTILIZATION

Проскурякова Алёна Сергеевна
магистрант,
Самарский государственный технический университет
proskuriackovaa@yandex.ru

Шейкина Марина Александровна
кандидат технических наук,
доцент,
Самарский государственный технический университет
sheikina.ma@samgtu.ru

Аннотация. В статье представлены инновационные технологии использования попутного нефтяного газа (ПНГ) и проанализированы известные патенты. Применение описанных технологий способствует снижению негативного воздействия на окружающую среду и минимизации экономических потерь в нефтяной промышленности. Кроме того, использование ПНГ в качестве сырья для получения энергии и продукции с высокой добавленной стоимостью повышает общую эффективность использования ценного ресурса.

Ключевые слова: попутный нефтяной газ, переработка, технологии, инновации, утилизация газа.

Proskuryakova Alena Sergeevna
Master's Student,
Samara State Technical University
proskuriackovaa@yandex.ru

Sheikina Marina Aleksandrovna
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor,
Samara State Technical University
sheikina.ma@samgtu.ru

Annotation. This article presents innovative technologies for utilizing associated petroleum gas (APG) and analyzes known patents. The application of these technologies helps reduce the negative environmental impact and minimize economic losses in the oil industry. Furthermore, using APG as a feedstock for energy production and high-value-added products improves the overall efficiency of this valuable resource.

Keywords: associated petroleum gas, processing, technology, innovation, gas utilization.

Попутный нефтяной газ представляет собой смесь углеводородов, включающую метан, этан, пропан, бутан, пентан, гексан, гептан и другие примеси [1]. В большинстве случаев ПНГ сжигается на факелах без последующей переработки.

Согласно международной инициативе «За полное прекращение практики сжигания попутного газа к 2030 году», принятой Генеральным секретарём ООН Пан Ги Муном и Президентом Группы Всемирного банка Джим Ен Кимом [2], планируется прекращение практики сжигания попутного газа на нефтяных месторождениях по всему миру.

По данным Всемирного банка, в 2023 году объем сжигания газа увеличился на 7 % и составил 148 млрд м^3. К крупнейшим странам – источникам выбросов – относятся Россия, Иран, Ирак, США, Венесуэла, Алжир, Ливия, Нигерия и Мексика. В России при снижении добычи нефти на 2 % объём сжигания ПНГ, напротив, вырос на 11 %.

Факельное сжигание газа приводит к серьёзным экологическим последствиям: загрязнению атмосферы, почвы и водных объектов. В процессе горения образуются диоксид серы, оксиды азота и углерода, сернистый ангидрид, бензапирен и другие токсичные соединения, тепловое воздействие факелов может распространяться на расстояние до 5 км, вызывая деградацию почвы и изменение состава донных отложений в водоёмах. Продукты химической реакции, оседающие на почве, провоцируют выгорание органического вещества на расстоянии до двухсот метров. В воде формируется пленка, которая препятствует поступлению кислорода, а тяжёлые фракции, оседающие в водоёмах, изменяют состав донных отложений. Кроме экологического ущерба, сжигание ПНГ влечёт значительные экономические потери.

К наиболее распространённым способам рационального использования ПНГ относятся:

– переработка на газоперерабатывающих заводах (ГПЗ);
– производство электроэнергии;

– закачка в пласт для поддержания пластового давления;
– химическая переработка в синтетические углеводороды.

Ниже рассмотрены способы рационального использования попутного нефтяного газа.

Газопоршневые электростанции для майнинга

Современные вычислительные задачи, связанные с майнингом криптовалют, требуют значительных энергетических ресурсов. В ряде стран проблема энергоснабжения решается за счёт использования газопоршневых электростанций (ГПЭС), работающих на различных видах газа — факельном, бутане, пропане, пиролизном и других.

Установка ГПЭС на нефтепромыслах для майнинга криптовалют позволяет сократить затраты на транспортировку и хранение ПНГ, одновременно снижая объёмы его сжигания.

Авторы патента [3] предлагают способ работы газового поршневого двигателя с искровым зажиганием, при котором во время сжатия часть газовоздушной смеси из цилиндра двигателя (камеры сгорания) поступает в камеру зажигания и смешивается с горячими остаточными газами (500–700 °C) [4–5]. Это инициирует реакции конверсии метана и низших алканов в водород и оксид углерода, повышая эффективность процесса. Общий вид газопоршневой электростанции представлен на рисунке 1.

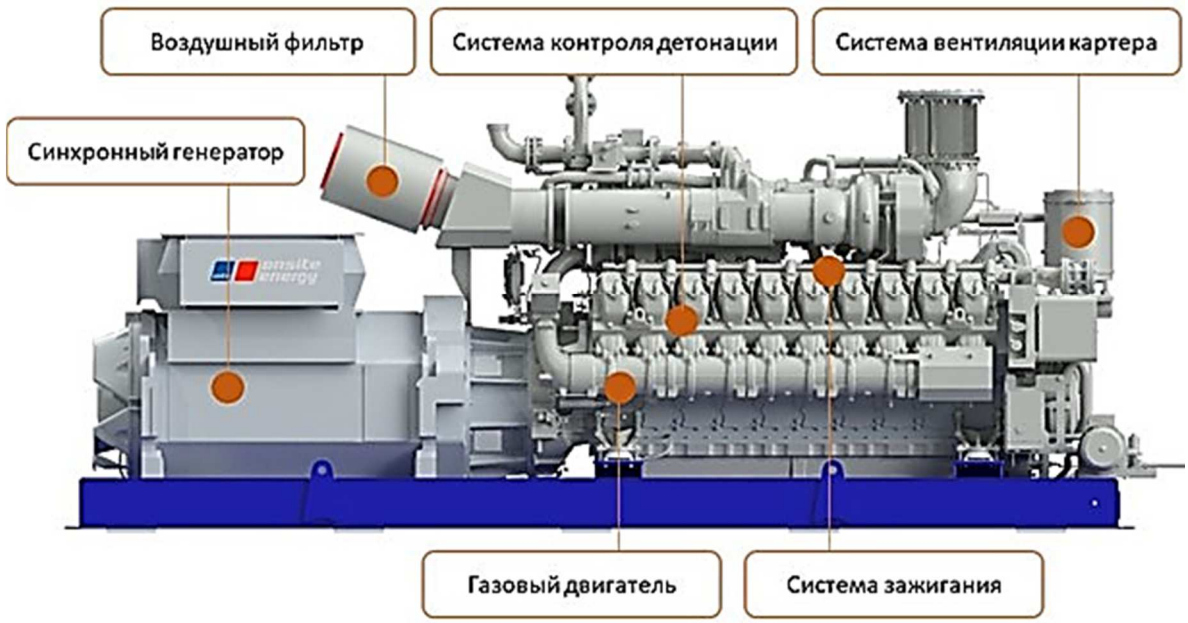

Рисунок 1 – Общий вид газопоршневой электростанции

В России аналогичный подход реализован компанией «Газпром нефть» совместно с ООО «Центр компьютерных технологий Vekus». В 2020 году ими был запущен пилотный проект «майнинговый отель» в Ханты-Мансийском автономном округе на залеже им. Александра Жагрина, где переработка 49500 м³ газа за первый месяц позволила добыть 1,8 биткоина, что на декабрь 2021 г. составило 6,236 млн рублей.

Использование эжектора для однотрубного транспорта нефти и газа

Существующий способ разделения продукции на жидкую и газовую фазы [6] на дожимных насосных станциях и их раздельный трубопроводный транспорт требует значительных капиталовложений при отсутствии газопроводов.

Одним из перспективных путей сокращения потерь нефтяного газа является совместный транспорт нефтегазовой смеси на установки подготовки нефти по существующим нефтепроводам. Экономически эффективный однотрубный транспорт нефти и газа возможно реализовать с помощью струйных аппаратов – эжекторов (рис. 2). Использование эжекторов позволяет снизить капитальные расходы на строительство газопроводов, а также повысить уровень рационального использования газа.

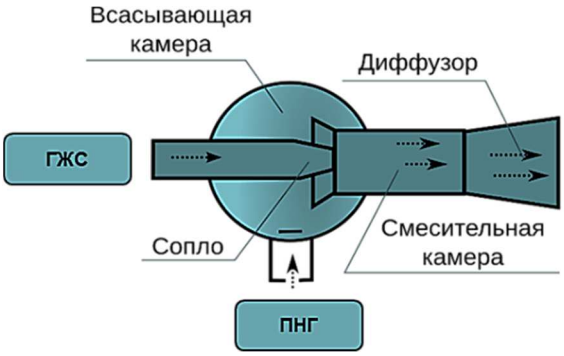

Рисунок 2 – Принципиальная конструкция эжектора

Согласно патенту [7], в эжекторе активная жидкость (например, нефть) подаётся под давлением через сопло, на выходе из которого она приобретает большую скорость. Газовая среда разгоняется с помощью вращающихся лопастей разгонного устройства, что обеспечивает равномерное смешение и минимальные потери энергии. Через приемную камеру активная среда увлекает за собой газ. Далее образовавшаяся двухфазная смесь направляется в диффузор и транспортируется в нефтепровод.

При использовании эжекторов в системе транспорта нефтегазовой смеси могут присутствовать сепараторы для разделения рабочей жидкости и газа и насосная установка для подачи жидкости в сопло эжектора. В таком случае система транспорта может выглядеть следующим образом.

Газожидкостная смесь с месторождений поступает на ДНС в нефтегазовый сепаратор, где происходит разделение на жидкую и газовую фазы. Отсепарированная жидкость поступает на прием насосного агрегата, который подает ее на эжектор, газ поступает в эжектор. В струйном аппарате происходит смешение газа с пластовой жидкость и компримирование. Повторно образовавшаяся газожидкостная смесь поступает в нефтепровод и транспортируется на установку подготовки нефти. Технологическая схема процесса представлена на рисунке 3.

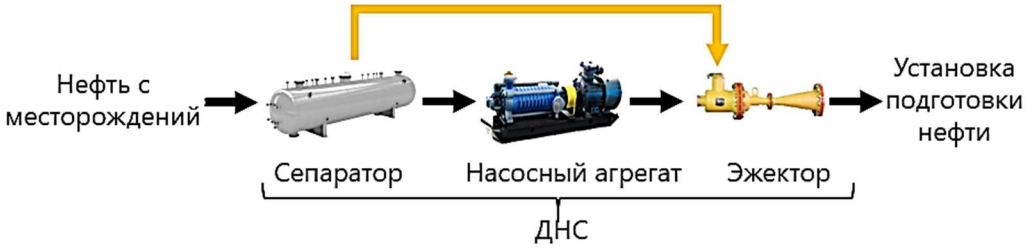

Рисунок 3 –Технологическая схема транспорта газожидкостной смеси с помощью эжектора

При определении возможности внедрения эжектора в систему транспорта необходимо учесть следующие параметры [8]:

– коэффициент эжекции, то есть отношение расхода эжектируемой среды (пассивной среды – газа) к расходу рабочей среды (активной среды – жидкости);

– геометрические размеры эжектора (размеры сопла, расстояние от среза сопла до входа в камеру смешения и др.).

Переработка ПНГ в жидкие углеводороды (искусственную нефть)

Перспективным направлением переработки ПНГ является технология Gas-to-Liquids (GTL), широко применяемая в Китайской Народной Республике (рис. 4). Её суть заключается в преобразовании природного газа в жидкие углеводороды с выделением лёгкого бензина, а также сжиженного и сухого газа.

Из выделенного сухого газа по методу Фишера-Тропша получают искусственную нефть, которую впоследствии можно переработать в легкий бензин и дизельное топливо. Данный метод заключается в химической реакции, в результате которой смесь

монооксида углерода (CO) и водорода (H_2) преобразуется в различные жидкие углеводороды.

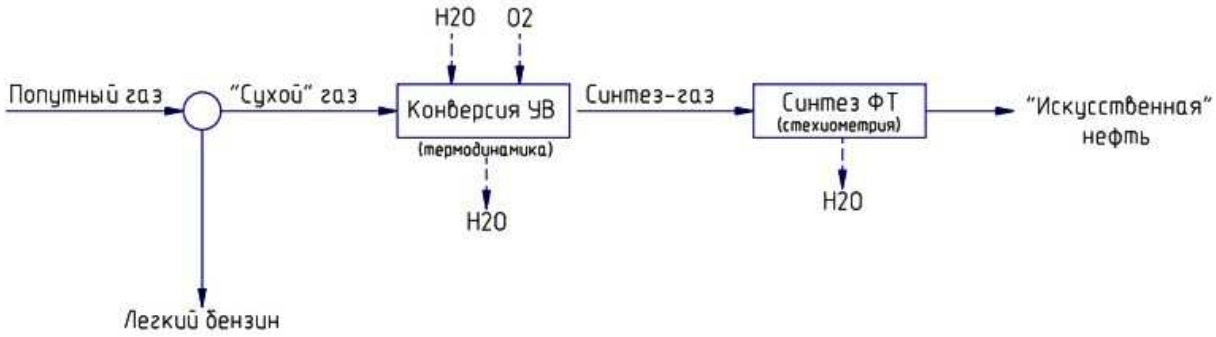

Рисунок 4 – Переработка НПГ на основе химических процессов GTL

По данным исследователей [9], из 8 млрд м³ переработанного газа можно получить до 400 тыс. т лёгкого бензина, 2 млн т сжиженного газа и 3 млн т синтетической нефти, что существенно повышает экономическую эффективность использования ПНГ.

Таким образом, отмечена тенденция к использованию попутного нефтяного газа для выработки электроэнергии и транспорта совместно с нефтяной эмульсией для дальнейшей переработки в нефтепродукты.

Предложенные решения соответствуют принципам международной инициативы «За полное прекращение практики сжигания попутного газа к 2030 году», обеспечивая экологическую безопасность и экономическую целесообразность нефтегазового производства.

Литература

1. Попутный нефтяной газ // Wikipedia: свободная энциклопедия. – URL : ru.wikipedia.org (дата обращения 20.10.2025).
2. Страны и нефтяные компании договорились о прекращении практики факельного сжигания газа. – URL : https://www.oilexp.ru/news/russia/strany-i-neftyanye-kompanii-dogovorilis-o-prekrashhenii-praktiki-fakelnogo-szhiganiya-gaz (дата обращения 20.10.2025).
3. Патент № 2535308C2 Российская Федерация. Способ организации рабочего процесса газового поршневого двигателя с искровым зажиганием: № 2013109086/06A: заявл. 20.04.2012: опубликовано 10.12.2014 / К.И. Федин.
4. Крестьянцев А.Б. Внедрение LNG как бункерного топлива на водном транспорте / А.Б. Крестьянцев, А.М. Луцкевич, С.А. Скуднев. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id=19020086 (дата обращения 20.10.2025).
5. Федин К.И. приумножение энергии в глобальных масштабах. Производство для энергетики // Опыт создания и эксплуатации СА для энергетических компаний. Альтернативная энергетика. – 2016. – № 10(87). – С. 2–6.
6. Перекачка нефти эжектором / А.М. Аннушкин [и др.]. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id=75219463 (дата обращения 20.10.2025).
7. Патент № 225728U1 Российская Федерация. Жидкостно-газовый эжектор: № 2023132280U: заявл. 07.12.2023: опубликовано 03.05.2024 / А.Р. Исмагилов, Д.Ф. Хабарова, С.Ю. Битюцких.
8. СТО ИНТИ S.40.23-2023 Эжекторы. Общие технические условия.
9. Воробьев А.Е. Применяемые инновационные технологии переработки ПНГ в Китае / А.Е. Воробьев, Чжан Ляньцзы // Вестник Евразийской науки. – 2018. – № 2. – URL : https://esj.today/PDF/11NZVN218.pdf

References

1. Associated petroleum gas // Wikipedia: the free encyclopedia. – URL : ru.wikipedia.org (date of application 20.10.2025).
2. Countries and oil companies agreed to end the practice of gas flaring. – URL : https://www.oilexp.ru/news/russia/strany-i-neftyanye-kompanii-dogovorilis-o-prekrashhenii-praktiki-fakelnogo-szhiganiya-gaz (date of application 20.10.2025).

3. Patent № 2535308C2 Russian Federation. Method for organizing the working process of a gas piston engine with spark ignition: № 2013109086/06A: appl. 20.04.2012: published 10.12.2014 / K.I. Fedin.
4. Krestyantsev A.B. Implementation of LNG as a Bunker Fuel in Water Transport / A.B. Krestyantsev, A.M. Lutskevich, S.A. Skudnev. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id=19020086 (date of application 20.10.2025).
5. Fedin K.I. Energy multiplication on a global scale. Production for the energy sector // Experience in the creation and operation of SA for energy companies. Alternative Energy. – 2016. – № 10 (87). – P. 2–6.
6. Pumping oil with an ejector / A.M. Annushkin [et al.]. – URL : https://elibrary.ru/item.asp?id=75219463 (date of application 20.10.2025).
7. Patent № 225728U1 Russian Federation. Liquid-gas ejector: № 2023132280U: filed 07.12.2023: published 03.05.2024 / A.R. Ismagilov, D.F. Khabarova, S.Yu. Bityutskikh.
8. STO INTI S.40.23-2023 Ejectors. General specifications.
9. Vorobyov A.E. Innovative technologies for associated gas processing in China / A.E. Vorobyov, Zhang Lianzi // Bulletin of Eurasian Science. – 2018. – № 2. – URL : https://esj.today/PDF/11NZVN218.pdf