

## ПЕРМСКИЕ ГАЗОТУРБИННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И РЕШЕНИЕ ПРОБЛЕМЫ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЯНОГО ПОПУТНОГО ГАЗА



А.А. Иноземцев,  
ОАО «Авиадвигатель»

Обсуждается проблема сжигания попутного нефтяного газа в факелах. Представлены конструкторские решения утилизации попутного нефтяного газа с помощью современного газотурбинного энергетического и газоперекачивающего оборудования. Показана совместная работа КБ «Авиадвигатель» с ведущими предприятиями нефтегазового комплекса России по эффективным методам утилизации попутного нефтяного газа. Рассмотрены основные особенности и преимущества применения пермских газовых турбин на примере объектов ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь». Особое внимание уделено проектам, реализуемым в Пермском крае. Использование попутного нефтяного газа для выработки электроэнергии и тепла позволяет эффективно решить задачи снижения выбросов вредных веществ, улучшения экологической обстановки, повышения энергоэффективности и энергобезопасности.

*Ключевые слова:* газотурбинная электростанция, авиационный двигатель ПС-90А, попутный нефтяной газ (ПНГ), утилизация, сжигание ПНГ в факелах, модульная дожимная компрессорная станция, экология, выбросы вредных веществ.

Повышение эффективности газотурбинных двигателей, расходующих углеводородное топливо – важнейшая задача российского машиностроения.

В 1992 году ОАО «Авиадвигатель» и ОАО «Пермский моторный завод» успешно освоили технологию конверсии высокоэкономичных авиационных двигателей в газотурбинные установки наземного применения. За 20 лет на базе пермских авиадвигателей Д-30 и ПС-90А самолетов Ту-134 и Ил-96-300 / Ту-204 создан ряд газотурбинных установок еди-

ничной мощностью от 2,5 до 6 МВт и от 10 до 25 МВт соответственно. Эти установки работают на природном газе, попутном нефтяном газе (ПНГ) и широко применяются как в качестве привода нагнетателей газа в составе газоперекачивающих агрегатов, так и в качестве привода электрических генераторов в составе газотурбинных электростанций с одновременной выработкой тепловой энергии.

Пермские газовые турбины пользуются в России наибольшим спросом и эффективно применяются на магистральных газо-

проводах ОАО «Газпром», объектах нефтегазодобычи нефтяных и нефтегазовых компаниях, таких как ОАО «ЛУКОЙЛ», ОАО «Сургутнефтегаз», ОАО «НК «Роснефть», ООО «Иркутская нефтяная компания», в генерирующих подразделениях энергосистемы РФ – ОАО «Башкирская генерирующая компания», ЗАО «КЭС-Холдинг» (территориальных генерирующих компаниях ТГК-6, ТГК-9), на территории промышленных предприятий ОАО «Уралкалий», ЗАО «Сибур-Химпром», ОАО «Пермский моторный завод».

На сегодняшний день парк наземных газотурбинных установок, серийно изготовленных на «Пермском моторном заводе», составляет 675 штук. Их суммарная мощность составляет ~ 7,5 ГВт, а общая продолжительность работы в эксплуатации – 14 млн часов.

Коммерческий и научно-технический успех производственной программы наземных установок позволил пермским конструкторам приступить к созданию газотурбинных электростанций.

Так, уже в 1999 году началась эксплуатация первой пермской газотурбинной электростанции – ГТЭС-4 мощностью 4 МВт, разработчиком которой является НПО «Искра», а в ЗАО «Искра-Энергетика» налажена сборка энергоблоков (газотурбинная установка + редуктор + электрогенератор), а также строительство ГТЭС на площадях заказчика. Позднее нашими партнерами освоена сборка энергоблоков единичной мощностью 12 и 16 МВт с использованием газотурбинных установок на базе ПС-90А.

В 2004 году ОАО «Авиадвигатель» была выполнена поставка и ввод в эксплуатацию первых ГТЭС «Урал-2500» (для ООО «Газпром добыча Надым») и ГТЭС «Урал-6000» (ТГК-6 в г. Иваново).

В этом же году впервые, совместно с инженеринговой компанией ЗАО «Искра-Энергетика», на пяти объектах ОАО «Сургутнефтегаз» были запущены в эксплуатацию 13 газотурбинных электростанций на базе энергоблоков ЭГЭС-12С-01 разработки ОАО НПО «Искра», которые предна-

значены для обеспечения электроэнергией объектов нефтедобычи «Сургутнефтегаза» с возможностью работы на попутном нефтяном газе.

Пермские газотурбинные электростанции благодаря экономичности, надежности и высокому ресурсу газотурбинных установок являются энергоэффективным и экологичным источником тепла и электроэнергии. Срок окупаемости таких электростанций при действующих тарифах на электрическую и тепловую энергии – от 3 до 5 лет. Поэтому их также используют для собственного производства крупные промышленные предприятия, например ОАО «Уралкалий», ЗАО «Сибур-Химпром». Полезность энергетических турбомашин, являющихся едва ли не единственным источником тепла и света, невозможно переоценить для малообжитых районов Севера, Сибири и Дальнего Востока, удаленных от централизованного энергоснабжения или мест добычи угля.

Подробно с конструкцией пермских газовых турбин и их дислокацией по регионам России читатели «Вестника» могут ознакомиться в [1, 2].

Предметом гордости пермских моторостроителей является совместная работа с ведущими предприятиями нефтяного комплекса по эффективным методам утилизации попутного нефтяного газа – смеси углеводородных и неуглеводородных газов, находящихся как в свободном, так и растворенном состоянии и выделяющихся из сырой нефти в процессе ее добычи.

Как известно, в России ежегодно сжигается в факелах более 20 млрд. м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа, что наносит непоправимый вред здоровью человека, ущерб живой природе и климату в целом [3].

В целях сокращения выбросов вредных веществ, эмиссии парниковых газов, согласно постановлению Правительства РФ от 8 января 2009 года № 7, введен целевой показатель сжигания газа в факелах в размере не более 5 % от объема добытого попутного нефтяного газа. Сейчас на нефтепромыслах России сжигается в факелах ~ 27 % от объема добытого попут-

ного газа. Этим же постановлением плата за выбросы в пределах целевого показателя увеличена в 4,5 раза, а в случае невыполнения целевого показателя – в 22,5 раза. Так, утилизация попутного нефтяного газа варварским способом – сжиганием в факелах, становится дорогостоящей.

Решать проблемные вопросы утилизации попутного газа КБ «Авиадвигатель» предлагает с помощью внедрения на объектах добычи и переработки нефти современного газотурбинного энергетического и газоперекачивающего оборудования.

Ряд нефтяных компаний уже имеет положительный опыт утилизации попутного газа в газотурбинных электростанциях.

Так, например, ОАО «Сургутнефтегаз» первым среди нефтяных компаний внедрило в свою практику стратегию утилизации попутного газа на базе пермских газотурбинных установок. На Конитлорском месторождении «Сургутнефтегаза» 6 электростанций ГТЭС-4 суммарной мощностью 24 МВт вырабатывают электроэнергию с 2001 года. Тринадцать энергоблоков суммарной мощностью 156 МВт с 2004 года обеспечивают электроэнергией Битемское, Лянторское, Лукьявинское, Русскинское месторождения нефти и газа. Всего на объектах «Сургутнефтегаза» пермскими газотурбинными электростанциями утилизировано более 3 млрд. м<sup>3</sup> по-

путного нефтяного газа.

ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» начало активно заниматься вопросами утилизации попутного нефтяного газа в газотурбинных электростанциях с 2006 года. Так, в 2008 году на площадке Ватьеганского месторождения нефти и газа была построена самая крупная в ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» электростанция собственной генерации суммарной мощностью 72 МВт, состоящая из 6 энергоблоков по 12 МВт. ГТЭС-72 обеспечивает электроэнергией потребителей Ватьеганского месторождения, что способствует стабильной добыче нефти и снижению затрат на потребление электроэнергии.

В 2009 году парк пермских энергетических установок в ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» пополнился газотурбинной электростанцией ГТЭС-48 суммарной мощностью 48 МВт, которая надежно обеспечивает электроэнергией инфраструктуру Тевлинско-Русскинского месторождения. В этом же году введена в эксплуатацию ГТЭС-24 мощностью 24 МВт на базе 4 энергоблоков «Урал-6000». Станция предназначена для выполнения буровых работ на Пяяхинском месторождении Ямало-Ненецкого автономного округа, позволяя заказчику не только увеличить добычу нефти, но и



*ГТЭС-72 Ватьеганского МНГ ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь»*



*ГТЭС «Урал-6000» на Ярактинском НГКМ ООО «Иркутская нефтяная компания»*



*ГТЭС «Урал-6000» на Пяяхинском ГКМ ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь»*

удовлетворить потребности в электроэнергии буровых установок и поселка нефтяников. Пермская электростанция на Пяяхинском месторождении построена за чертой Полярного круга в условиях

вечной мерзлоты и располагается на свайном поле на высоте 3 м от земли.

В ноябре 2011 года на Красноленинском месторождении ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» введена в эксплуата-



цию газотурбинная электростанция мощностью 48 МВт, работающая на попутном нефтяном газе. Работа этой станции позволяет довести уровень утилизации попутного нефтяного газа до 95 % и обеспечивать электроэнергией объекты промысла.

В настоящее время на Покачевском и Повховском месторождениях ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» осуществляется ввод в эксплуатацию двух газотурбинных электростанций номинальной мощностью по 48 МВт каждая. В отличие от ранее построенных, данные электростанции будут работать совместно с котлами – утилизаторами в комбинированном цикле (ГТУ-ТЭЦ), что позволит повысить эффективность использования попутного нефтяного газа, снизить себестоимость выработки тепла и электроэнергии.

Суммарно на объектах ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» пермскими газотурбинными электростанциями утилизировано более 1 млрд. м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа.

Важную работу по снижению выбросов вредных веществ при утилизации попутного газа также проводят НК «Роснефть», ООО «Газпромнефть-Хантос», ООО «Иркутская нефтяная компания» и др. За годы эксплуатации пермских газотурбинных электростанций утилизировано свыше 5 млрд. м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа.

Варианты возможного применения ГТУ для утилизации ПНГ не ограничиваются только приводом электрогенераторов в газотурбинных электростанциях. Компании, обладая потенциалом ПНГ, применяют газотурбинный привод в составе газоперекачивающих агрегатов для транспорта ПНГ по газопроводам для дальнейшей его переработки и использования. Например, ОАО «Сургутнефтегаз» с 2001 года начало эксплуатацию пермских газоперекачивающих агрегатов на КС-42 и КС-44. Установленная мощность газотурбинных приводов составляет 72 МВт. ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь» в 2009 году ввело в эксплуатацию

газокомпрессорную станцию на базе двух ГТУ-10П на Северо-Губкинском МНГ установленной мощностью 20 МВт. НК «Роснефть» сегодня имеет парк пермских ГТУ в составе газоперекачивающих агрегатов на Приобском месторождении в количестве 8 штук. Установленная мощность газотурбинных приводов в составе ГПА составляет 66 МВт.

Возможно использование газотурбинных приводов в качестве приводов насосов для перекачки сырой нефти, для закачки воды в пласт. Пилотный проект по созданию газотурбинного насосного агрегата (ГТНА) реализован ОАО «Авиадвигатель» по заказу компании «Sakhalin Energy Investment Company». В 2010 году заказчику отгружены два ГТНА единичной номинальной мощностью газотурбинного привода 6 МВт.

Всего для нефтедобывающих компаний России поставлена 101 газотурбинная установка разработки ОАО «Авиадвигатель» для работы в составе газотурбинных электростанций, газоперекачивающих агрегатов, газотурбинных насосных агрегатов. Суммарная установленная мощность газотурбинного оборудования составила 972 МВт, а их наработка за период эксплуатации превышает 3,2 млн часов.

В настоящее время в Пермском крае реализуются два проекта малой распределенной генерации с газотурбинным оборудованием ОАО «Авиадвигатель», – газотурбинная электростанция 16 МВт Ильичевского месторождения ООО «ЛУКОЙЛ – Пермь» и когенерационная газотурбинная электростанция собственных нужд мощностью 200 МВт на территории Пермского нефтеперерабатывающего завода «ЛУКОЙЛа».

Реализуемый ООО «ЛУКОЙЛ – Пермь» проект собственной генерации предполагает поэтапное строительство газотурбинной электростанции на ЦДНГ-10 (цех по добыче нефти и газа) Ильичевского месторождения, расположенного на севере Кунгурского района, суммарной электрической мощностью 16 МВт с выдачей электрической мощно-

сти параллельно в сеть. Проектом предусматривается установка четырех блочно-модульных газотурбинных электростанций «Урал-4000» производства ОАО «Авиадвигатель», изготовленных в полной заводской готовности, пяти блочно-модульных дожимных компрессорных станций производства фирмы «НОЭМИ», автоматизированной системы управления технологическим процессом ГТЭС.

Особенностью данного проекта является адаптация ГТЭС «Урал-4000» и ДККС к работе на нефтяном попутном газе с высоким содержанием сероводорода, без предварительной его очистки.

Реализация данного проекта позволит ООО «ЛУКОЙЛ – Пермь» ежегодно вырабатывать 134,4 млн кВт/ч собственной электрической энергии, утилизировать более 40 млн м<sup>3</sup> попутного нефтяного газа, сократить объемы сжигания ПНГ на факельных установках, повысить уровень утилизации ПНГ компании и улучшить экологическую обстановку в регионе.

ООО «ЛУКОЙЛ – Пермнефтеоргсинтез» – один из крупнейших нефтеперерабатывающих заводов России. Предприятие топливно-масляного направления расположено в девяти километрах от миллионного города Перми, административного центра Пермского края. Ежегод-

но завод перерабатывает порядка 13 млн т нефти. Глубина переработки нефти достигает 93 %. Более половины выпускаемых предприятием нефтепродуктов экспортируется.

Проектом строительства ГТУ-ТЭС предусматривается поставка и ввод в эксплуатацию восьми газотурбинных энергоагрегатов ГТЭС-25ПА суммарной мощностью 200 МВт с утилизацией тепла выхлопных газов в паровых котлах-утилизаторах. Реализация проекта позволит ООО «ЛУКОЙЛ – Пермнефтеоргсинтез» сократить затраты на покупку электрической и тепловой энергии от сетей Пермэнерго, обеспечить потребности в электроэнергии и тепле существующие и новые производственные мощности, позволяющие наращивать объемы производства и реализации продукции.

Основные компоновочные решения по размещению оборудования ГТЭС-25ПА аналогичны ранее примененным на строительстве ЭГЭС-12С Повховского месторождения нефти и газа ООО «ЛУКОЙЛ – Западная Сибирь». Основное генерирующее оборудование располагается в легкосборном здании панельного типа.

Для увеличения мощности каждого энергоагрегата ГТЭС-25ПА ОАО «Авиа-



ГТЭС «Урал-4000» на Ильичевском месторождении ООО «ЛУКОЙЛ – Пермь»

двигатель» разработана модифицированная газотурбинная установка ГТЭ-25ПА на базе газогенератора авиационного двигателя ПС-90А2. Единичная номинальная электрическая мощность энергоагрегата составит 25 МВт.

Важной технико-экономической составляющей данного проекта является то, что энергоагрегаты ГТЭС-25ПА будут работать на сухом отбензиненном газе, получаемом при переработке попутного нефтяного газа на газоперерабатывающем заводе. Ценность нефтяного попутного газа обусловлена наличием в нем высших углеводородов  $C_nH_{2n+2}$  – этана, пропана, бутана, изобутана, пентана, изопентана, гексана и т.д., являющихся исходным сырьем для нефтехимической и химической промышленности. Поэтому

использование высших углеводородов в качестве топлива не представляется эффективным и рачительным подходом. Переработка нефтяного попутного газа на заводе позволит с максимальной эффективностью использовать углеводородное сырье – жидкие углеводороды и сухой отбензиненный газ.

Использование попутного нефтяного газа в пермских газовых турбинах для выработки электроэнергии и тепла, транспорта ПНГ, транспорта сырой нефти позволяет одновременно и эффективно решить задачи энергоэффективности и энергобезопасности, существенно снизить рост тарифов на электроэнергию и тепло и улучшить неблагоприятную экологическую обстановку в России, повысить уровень бизнеса компании.

#### Библиографический список

1. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. Т. 3. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. – М.: Машиностроение, 2008. – 227 с.; ил. – (Серия: Газотурбинные двигатели).
2. [www.avid.ru](http://www.avid.ru), раздел «продукция»/«утилизация нефтяного попутного газа», «Референс-лист».
3. Книжников А., Пусенкова Н. Проблемы и перспективы использования нефтяного попутного газа в России» – ежегодный обзор проблемы в рамках проекта ИМЭМО РАН и Всемирного фонда защиты дикой природы WWF России «Экология и Энергетика. Международный Контекст», 2008.

### PERM GAS TURBINE TECHNOLOGIES AND SOLVING THE PROBLEM OF ASSOCIATED OIL GAS UTILIZATION

A.A. Inozemtsev

The article covers the problem of associated oil gas flaring. A design solution for associated oil gas utilization based on up-to-date gas turbines for power generation and gas pumping is presented. A joint work of Aviadvigatel design bureau and leading enterprises of Russian oil and gas industry on efficient methods of associated oil gas utilization is shown. Major features and benefits of Perm gas turbines application are studied through the examples of Lukoil-Zapadnaya Sibir, LLC facilities. The article pays special attention to the projects implemented in Perm Region. Associated oil gas utilization for power and heat generation helps to find an efficient solution to the problem of harmful substances emission reduction, environmental situation enhancement and energy efficiency and security improvement.

*Keywords: gas turbine generating set, PS-90A aero engine, associated oil gas, utilization, associated oil gas flaring, modular-design booster compressor station, ecology, harmful substances emission.*

#### Сведения об авторах

*Иноземцев Александр Александрович*, доктор технических наук, генеральный конструктор, ОАО «Авиадвигатель», 614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 93; e-mail: office@avid.ru

*Материал поступил в редакцию 23.01.2013 г.*