

Реферат работы
Газотурбинная энергетическая установка ГТУ-2У на базе ТА-12



Рисунок 1 – Внешний вид ГТУ-2У в составе станции

Рост мирового производства и потребления природного газа и его возрастающая роль в системах топливной энергетики и газоснабжения привели к интенсивному развитию современной инфраструктуры и рынка сжиженного природного газа (далее СПГ).

В настоящее время сектор СПГ является одним из самых динамичных в энергетической отрасли: мировое потребление сжиженного газа растёт на 10 % в год, тогда как обычного (газопроводного) - только на 2,4 %. Согласно прогнозам экспертов, в 2020 году доля СПГ в мировом объёме торговли газом уже составит более 40 % (в 1970 г. – 3 %), а в 2030 году на долю СПГ придется уже около 60 % мировой торговли природным газом.

Перспективы производства СПГ в России связаны с решением проблем освоения шельфовых месторождений, а также с использованием сжиженного природного газа в качестве моторного топлива на транспорте.

В связи с развитием арктической зоны, которая носит немаловажный характер для предотвращения возможных угроз безопасности России, Верховным главнокомандующим принято решение по восстановлению военной инфраструктуры в высоких широтах. Ведётся расширение военного присутствия в

арктическом регионе, и, как следствие, возрастает нагрузка в социально-экономическом, экологическом плане.

В Арктике для получения энергии часто отдают предпочтение дизельным электрическим станциям (ДЭС). На Крайнем Севере эксплуатируется около 12 тыс. мелких дизельных станций. Но крупным недостатком ДЭС, является опять-таки высокая себестоимость вырабатываемой энергии, что является следствием дороговизны специального арктического дизельного топлива, а также сравнительно низкое КПД дизельных электростанций. Стоимость электроэнергии, вырабатываемой ДЭС, составляет от 15 до 150 руб./ кВт·ч (в зависимости от трудности доставки топлива).

Сотрудниками ПАО «ОДК-Уфимское моторостроительное производственное объединение» (ПАО «ОДК-УМПО) и дочерних организаций разработана газотурбинная энергетическая установка мощностью 1,5-2,5 МВт, работающая на СПГ в качестве топлива.

Газотурбинная установка (ГТУ) мощностью до 2,5 МВт представляет собой высокоэффективную модульную энергетическую установку на базе разрабатываемого газотурбинного привода, использующую в качестве топлива как магистральный природный газ, так и СПГ, для энергообеспечения (выработки электрической энергии) промышленных и социальных объектов, на удаленных от централизованного энергоснабжения территориях и в локальных энергосистемах.

Таблица 1 – возможные потребители и преимущества установки

| | |
|---|--|
| <p>Возможные потребители (из расчета потребляемой мощности до 2,5 МВт – комплекс из 2 ГТУ-2У, одна из которых резервная)</p> | <ul style="list-style-type: none"> - посёлки (50-100 домов); - больничные комплексы (до 870 койко-мест); - мини-заводы (основные и/или резервные источники электроэнергии); - объекты военного назначения (аэродромы, воинские части, хранилища и др.) |
| <p>Преимущества предлагаемой ГТУ-2У для потребителя</p> | <ul style="list-style-type: none"> - простота поддержания эксплуатации за счет высокого уровня автоматизации управления и современных конструктивных решений; - высокая топливная эффективность; - многотопливность (магистральный газ, СПГ, керосин и др.); - модульность (оборудование размещено в ж/д контейнерах). |

Основных конкурентов ГТУ-2У можно разделить на две больших категории:

- прямые конкуренты: газотурбинные установки схожей мощности;

- конкуренты-субституты: газопоршневые установки схожей мощности и газотурбинные установки с мощностью либо меньше, либо больше мощности ГТУ-2У.

Таблица 2 - Сравнение ГТУ-2У с аналогами

| Название | Мощность, МВт | КПД (КИТ), % | Назначенный ресурс, ч | Межремонтный ресурс, ч | Эмиссия NOx, ppm | Тип привода и год его разработки |
|-----------------------------------|---------------|--------------|-----------------------|------------------------|------------------|----------------------------------|
| ГТУ-2У | 2,5 | 40-80 | 150 000 | 30 000 | 20 ppm | Газотурбинный, 2019 |
| OPRA OP16 | 1,9 | 25,7-81 | 240 000 | 40 000 | 25 ppm | Газотурбинный, 1959 |
| Kawasaki GPB17D | 1,9 | 27,4-77,8 | 100 000 | 25 000 | 9 ppm | Газотурбинный, 2007 |
| Газопоршневые и дизельные аналоги | | | | | | |
| GMGen GMM2650 (Mitsubishi) | 2,4 | 78 | 150 000 | 30 000 | Не более 250 ppm | Дизельный |
| Energo ED2500 (Франция) | 2,0 | 80 | 140 000 | 35 000 | Не более 250 ppm | Дизельный |
| General Electric Jenbacher J612 | 2,0 | 44,7-88,2 | 240 000 | 40 000 | 405 ppm | Газопоршневой, 1980 |
| Caterpillar CG170-20 | 2,0 | 43,7-86,9 | | | Не более 500 ppm | Газопоршневой |
| Caterpillar G3520C | 2,5 | 41,2-85,0 | 100000 | | Не более 250 ppm | Газопоршневой |

Таблица 4 - Дополнительные преимущества ГТУ-2У

| Преимущества | Энергетические установки | | | | | |
|---|--------------------------|-----------|----------|-----------------|-------------------|-------------|
| | ГТУ-2У | OPRA OP16 | ГТУ-2,5П | Kawasaki GPB17D | GE Jenbacher J612 | Caterpillar |
| Затраты на обслуживание маслосистемы | + | + | + | + | - | - |
| Работа без газодожимного компрессора | + | - | - | + | + | + |
| Возможна адаптация ГТУ к особым требованиям заказчика (например, работа в условиях пустыни) | + | + | + | - | + | + |
| Поставка в состоянии максимальной заводской готовности | + | + | - | + | + | + |
| Отсутствие особых требований к фундаменту и подготовке площадки размещения | + | + | + | - | - | - |

Описание конструкции ГТУ-2У

ГТУ-2У имеет модульную конструкцию и состоит из:

- газотурбинного привода, включающего в себя газотурбинный двигатель на подмоторной раме с коммуникациями, агрегатами и датчиками системы запуска, противопомпажной системы, системы контроля, управления и диагностики двигателя, электрической системы, топливной системы;

- высокооборотного турбогенератора с агрегатами и датчиками системы управления и диагностики;

- регенеративного воздухоподогревателя;

- автоматизированной системы управления.

Газотурбинный двигатель, в свою очередь, состоит из:

- осевого пятиступенчатого компрессора;

- камеры сгорания;

- двухступенчатой турбины.

Опоры ротора – газостатические подшипники, позволяющие исключить масляную систему.

Газотурбинный привод и его системы размещаются в турбоблоке с системами контроля загазованности и противопожарной, а также комплексным воздухоочистительным устройством.

Комплексное воздухоочистительное устройство – собственной конструкции «вагонного» типа (прототип «Нефтьтурботект») с двухступенчатой системой очистки. Первая ступень – механические фильтры, вторая – «карманные».

Площадь застройки станции ориентировочно будет равняться 1785 м² (51×35 м).

Модульность конструкции, в части наиболее ответственных элементов, обуславливает простоту обслуживания, ремонта и модернизации.

Суть научно-технической новизны предложенного решения или продукта и ключевые технические отличия от аналогов.

- применение рекуператора модульной конструкции позволяет обеспечить высокий уровень КПД (40 % по электрической мощности, 80 % - общий). Присутствующие на рынке аналоги с мощностью до 2,5 МВт не имеют в своем составе рекуператора, поскольку разрабатывались до появления подобного оборудования. Переоснащение аналогов в части внедрения рекуперативного теплообменника потребует дополнительного финансирования и выполнения опытно-конструкторских работ – перепроектирования всего привода. Для условий поставки установки в Арктический регион, в целях обеспечения заявленной величины КПД, рекуператор размещается в отдельном укрытии (надстройка к штатному блок-боксу газотурбинного привода.

- конструктивное исполнение камеры сгорания позволяет обеспечить низкий уровень эмиссии вредных веществ (оксиды азота – не более 25 мг/м³, оксиды углерода не более 100 мг/м³), работать на различных видах топлива, а также обеспечить удобство обслуживания в эксплуатации;

- применение высокооборотного электрогенератора, приводимого непосредственно от вала газотурбинного двигателя, в сочетании с

комбинированной программой регулирования позволяет обеспечить широкий диапазон регулирования установки;

- применение современных шумоизоляционных материалов при изготовлении блоков для размещения оборудования, а также систем шумоглушения в тракте ГТУ позволяет обеспечить низкий уровень создаваемого шума (не более 80 дБ);

- уровень давлений в газоздушном тракте позволяет эксплуатировать установку на топливном газе низкого давления (9 кгс/см²), без применения дополнительного компрессорного оборудования, увеличивающего капитальные и эксплуатационные расходы;

- применение в опорах газотурбинного двигателя газостатических подшипников позволяет исключить систему маслообеспечения двигателя, что в свою очередь приводит к снижению общих затрат на обслуживание и сокращение места для размещения, так как не требуется организация дополнительного склада для хранения масла;

- модульная конструкция наиболее ответственных узлов двигателя - рекуператора и элементов выносной камеры сгорания, обеспечивает возможность оперативного обслуживания и замены, минимизирует затраты на обслуживание и ремонт двигателя за счёт снижения затрат времени, обеспечения доступности узлов и, соответственно, возможности выполнения работ на месте эксплуатации, без съёма двигателя и доставки на предприятие-изготовитель. У ближайшего конкурирующего изделия – ГТУ-2,5П в конструкции использована кольцевая камера сгорания;

- многотопливное исполнение камеры сгорания позволяет формировать опциональные предложения под запросы конкретного заказчика (сетевой газ, СПГ, авиационный керосин, попутный газ и другие);

- на этапе проектирования, выбора конструктивного облика был применен подход с использованием единого цифрового пространства, характеризующегося как разновидность цифрового двойника изделия.

Ключевые технические отличия от аналогов

- рекуператор модульной конструкции позволяет обеспечить КПД установки на уровне, соответствующем газопоршневым установкам. У аналогичных газотурбинных приводов, не использующих рекуператор, более низкий показатель КПД.

- высокооборотный электрогенератор и газостатические подшипники позволяют исключить пожароопасную и дорогую в эксплуатации маслосистему, требующую наличия оборудования для хранения, прокачивания, фильтрации и охлаждения масла, а также для контроля его параметров. У аналогичных газотурбинных приводов и особенно газопоршневых установок затраты на маслосистему составляют большую долю эксплуатационных расходов;

- эксплуатация установки на топливном газе низкого давления (9 кгс/см²), Для обеспечения работы аналогичных по мощности газотурбинных приводов требуется наличие сетевого газа высокого давления или применение дорогостоящей газодожимной компрессорной установки;

– выносная камера сгорания позволяет минимизировать затраты на обслуживание и ремонт двигателя. Аналогичные газотурбинные приводы (например, ГТУ-2,5П) комплектуются внутренней камерой сгорания. Выполнение технического обслуживания и ремонта для таких камер в условиях эксплуатации невозможно, данные работы выполняются на предприятии-изготовителе, с отстранением газотурбинного двигателя от эксплуатации.

Оценка фактического экономического эффекта от применения газотурбиной установки ГТУ-2У разработки ПАО «ОДК-УМПО» осуществлялась на основе годового экономического эффекта по затратам на топливо. Сравнение осуществлялось с представленными на рынке отечественными и зарубежными аналогами энергетических установок, использующими дизельное топливо, характерное для условий Арктического региона. Расчет сделан из условий работы установок в течение 8 000 часов в год.

Таблица 3. Сравнение затрат на топливо при эксплуатации установок

| | |
|--|--------------------|
| Время работы в год, час. | 8 000 |
| Дизель - генератор АД-2000С: | |
| - расход дизельного топлива, кг/час | 426,552 |
| - стоимость арктического ДТ, руб./кг | 43,3 |
| - затраты на топливо, руб. | 147 757 613 |
| Установка GMGen GMM2650 (Mitsubishi): | |
| - расход дизельного топлива, кг/час | 432 |
| - стоимость арктического ДТ, руб./кг | 43,3 |
| - затраты на топливо, руб. | 149 644 800 |
| Установка Energo ED2500 (Франция): | |
| - расход дизельного топлива, кг/час | 463,2 |
| - стоимость арктического ДТ, руб./кг | 43,3 |
| - затраты на топливо, руб. | 160 452 480 |
| Установка Caterpillar 3516B HD: | |
| - расход дизельного топлива, кг/час | 547,5 |
| - стоимость арктического ДТ, руб./кг | 43,3 |
| - затраты на топливо, руб. | 189 654 000 |
| Установка GE Jenbacher J 612: | |
| - расход СПГ, кг/час | 471 |
| - стоимость СПГ, руб./кг | 15 |
| - затраты на топливо, руб. | 56 520 000 |
| Установка ГТУ-2У: | |
| - расход СПГ, кг/час | 424,2 |
| - стоимость СПГ, руб./кг | 15,0 |
| - затраты на топливо, руб. | 50 904 000 |

Из расчета очевидно, что установка ГТУ-2У в три раза превосходит аналоги по затратам на топливо, в связи с тем, что может эксплуатироваться на сжиженном природном газе (СПГ).

Текущий этап разработки энергетической установки ГТУ-2У: завершается разработка аванпроекта, ведется подготовка к защите аванпроекта в АО «Объединенная двигателестроительная корпорация».

Достигнутые результаты:

- 1) Проведен анализ рынка ГТУ схожей мощности.
- 2) Определены требования к параметрам и конструктивному исполнению ГТУ-2У, которые позволят обеспечить конкурентоспособность установки.
- 3) Проработаны варианты применения установки ГТУ-2У и определён круг потенциальных потребителей.
- 4) В технических требованиях для оформляемого технического задания определены основные характеристики готового продукта.
- 5) Определён состав оборудования, входящего в газотурбинную установку, подобраны покупные изделия и определены поставщики.
- 6) Подобрано 60 % ДСЕ, заимствуемых из серийных изделий, а также определены вновь разрабатываемые ДСЕ.
- 7) Сформировано конструктивное лицо установки ГТУ-2У.
- 8) Определен объём необходимых конструкторских работ (оформлен проект плана работ по разработке аванпроекта).
- 9) Выпущена необходимая на данном этапе организационно-распорядительная документация (распоряжение на включение работ в тематический план ОКБ «Мотор»).

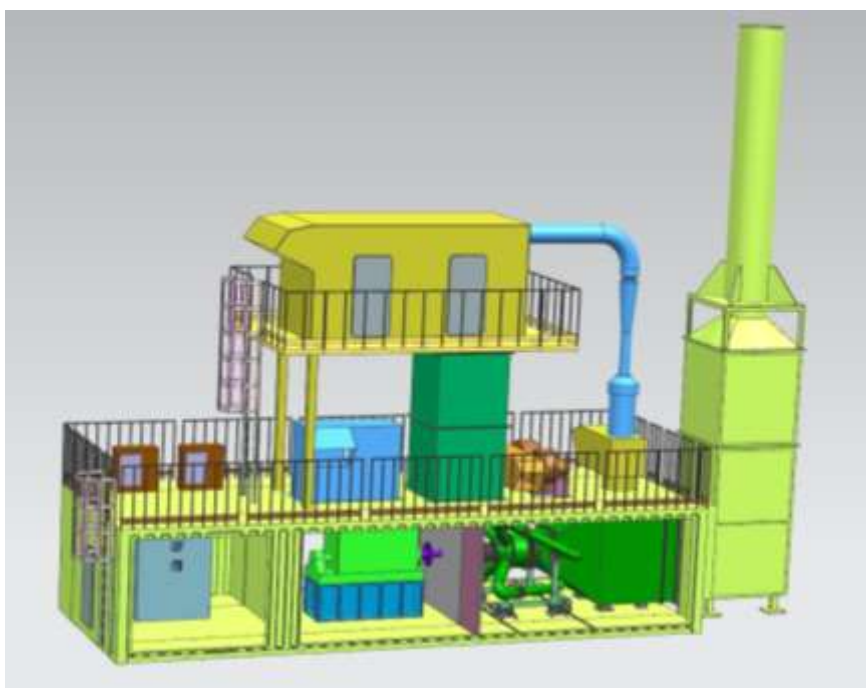


Рисунок 2 – внешний вид ГТУ-2У

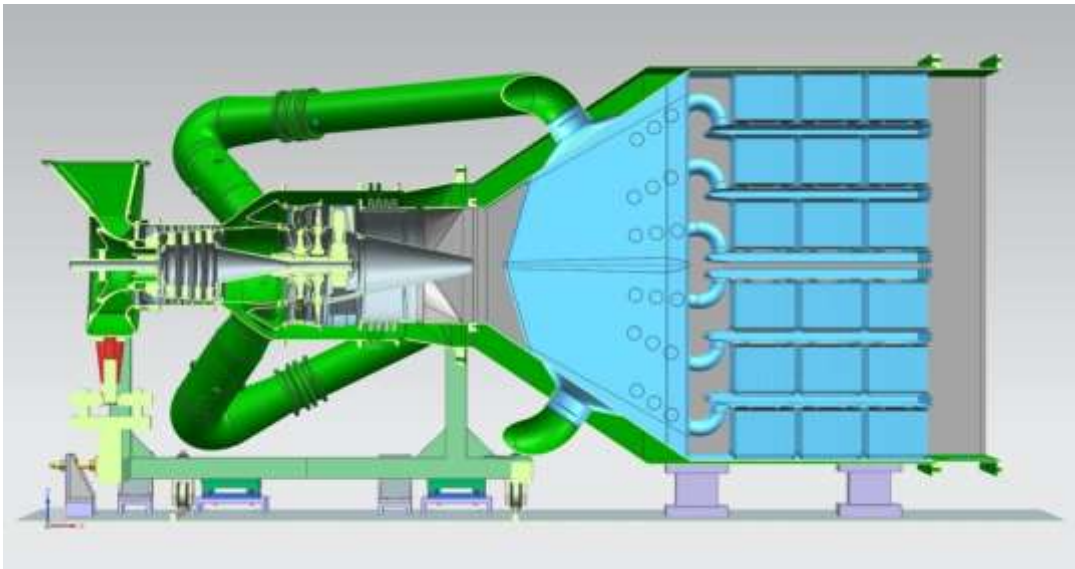


Рисунок 3 – Продольный разрез ГТД