

НОВЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОЕКТА «САХАЛИН-2»



ДОСЬЕ

Александр Александрович ИНОЗЕМЦЕВ

Генеральный конструктор ОАО «Авиадвигатель», доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Авиационные двигатели и энергетические установки» Пермского государственного технического университета

► Александр ИНОЗЕМЦЕВ
► Михаил ХАЙРУЛЛИН

К настоящему времени в Перми на базе авиадвигателей Д-30 и ПС-90А разработан широкий типоряд газотурбинных установок (ГТУ) нового поколения в диапазоне мощности 2500...25000 кВт.

Широкая номенклатура мощностей ГТУ, использование силовых турбин с различной частотой вращения (от 3000 до 9000 об/мин) в сочетании с редукторами и мультипликаторами как собственной разработки, так и импортными, позволили ОАО «Авиадвигатель» удовлетворить широкий спектр требований по приводу нагрузок как с переменной, так и с постоянной частотой вращения: нагнетателей природного и попутного газов и электрогенераторов.

Накопленный опыт и отработанная методология построения модельного ряда газотурбинных установок, а также проведенные маркетинговые исследования, дали возможность пермскому конструкторскому бюро оперативно отреагировать на возникшую потребность рынка и в кратчайшие сроки создать и поставить заказчику новый для отечественного рынка нефтегазового оборудования продукт – газотурбинный насосный агрегат «Урал-6000» для перекачки сырой нефти для использования в проекте «Сахалин-2» – важнейшего источника энергоресурсов для стран Азиатско-Тихоокеанского региона.



Современные магистральные нефтепроводы в России имеют диаметр трубы до 1220 мм. Перекачивающие насосные станции устанавливаются на расстоянии 50–150 км. Существующие станции оснащены центробежными насосами с электроприводом. Производительность насосов достигает 12500 м³/ч, потребляемая мощность – до 8 МВт. Для создания рабочего давления в трубе устанавливаются последовательно два-три насоса, суммарная мощность которых может достигать 25 МВт.

Разработанный еще во времена Советского Союза ГОСТ на нефтеперекачивающие агрегаты предусматривает исключительно электропривод нефтяных насосов, что было экономически оправдано при наличии высоконадежной и развитой системы централизованного электроснабжения. Однако исследования показали, что при наличии доступной системы газоснабжения нефтеперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом могут эффективно

конкурировать с электроприводом даже в районах с дешевой электроэнергией. В районах с отсутствующим централизованным электроснабжением применение насосных агрегатов с газотурбинным приводом становится практически безальтернативным.

Необходимо отметить, что за рубежом газотурбинные установки достаточно широко применяются на крупных нефтепроводах в труднодоступных и сложных в климатическом отношении районах, хотя в целом газотурбинный привод также не имеет доминирующего значения. Нефтеперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом единичной мощностью 1–10 МВт эксплуатируются в Алжире, Саудовской Аравии, Иране, Ираке, Канаде, США (на Аляске). Основные фирмы-поставщики: GE, Siemens, R-R, Solar.

В качестве топлива используется природный газ, керосин, дизельное топливо, подготовленная сырая нефть. Выбор типа топлива – вопрос экономической целесообразности. При-

родный газ используется при его наличии или доступности. Например, в Иране в 1974 году введен в строй нефтепровод протяженностью 750 км с газотурбинным приводом насосов, для чего параллельно нефтепроводу был проложен газопровод диаметром 114 мм для питания ГТУ.

Из жидких сортов топлива наиболее экономически эффективной считается перекачиваемая сырая нефть, которая используется после специальной подготовки или в виде продуктов перегонки на небольших крекинг-установках, расположенных на территории станции. Однако при работе на сырой нефти требуется частая промывка проточной части, чистка форсунок и ремонт горячей части.

Наличие в сахалинском проекте параллельных ниток нефте- и газопроводов и отсутствие системы централизованного электроснабжения определили выбор газотурбинного привода как наиболее экономически эффективного, а опыт и возможности ОАО «Авиадвигатель» позволили победить в тендере на поставку оборудования.

В 2008–2009 годах в рамках проекта «Сахалин-2» ОАО «Авиадвигатель» разработал и изготовил два газотурбинных насосных агрегата ГТНА «Урал-6000». Заказчиком агрегатов выступила компания «Sakhalin Energy Investment Company Ltd.» (SEIC). Эксплуатация газотурбинных насосных агрегатов будет осуществ-

ляться в составе дожимной насосной компрессорной станции (ДНКС-2) SEIC, расположенной приблизительно в 1 км к северу пос. Гастелло и 20 км к Юго-Западу г. Поронайска о. Сахалин. Важнейшими требованиями, предъявляемыми Заказчиком к изготовителю оборудования для данного объекта были:

- наличие у поставщиков всех сертификатов и лицензий на оборудование и материалы;
- выполнение при создании ГТНА требований Российских и международных стандартов, СТУП и спецификаций SEIC и FLUOR.

Все оборудование разработано с учетом того, что насосные агрегаты устанавливаются на открытой площадке, и поэтому должны соответствовать климатическим условиям, характерным для острова Сахалин.

С учетом данных FLUOR/SEIC расчетные климатические условия следующие:

- предельные значения температуры: максимальная – плюс 36 °С; минимальная – минус 40 °С.
- барометрическое давление: 630...800 мм рт. ст.;
- относительная влажность воздуха – не более 83 %;
- высота установки ГТНА над уровнем моря – 25...30 м;
- максимальная скорость ветра – 40 м/с;
- дождевые осадки – до 174 мм в течение 24 ч;
- снегопад: максимальная глубина 1270 мм, расчетное давление снега на конструкции – 4 кН/м², глубина промерзания грунта – до 2 м.
- зона по стойкости к землетрясениям – 9.



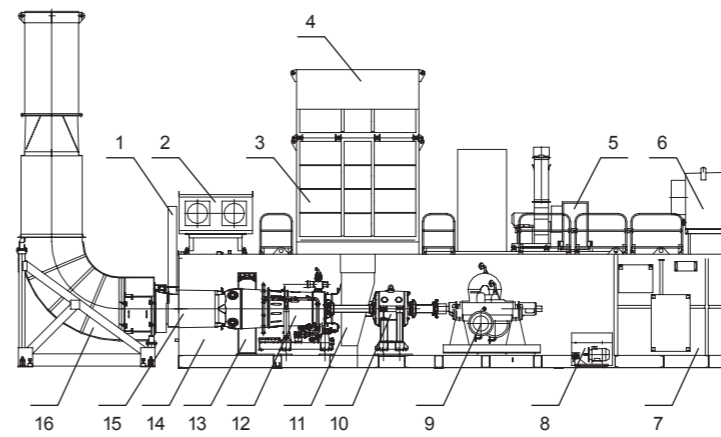
ДОСЬЕ

Михаил Фаритович ХАЙРУЛЛИН

Заместитель генерального конструктора-главный конструктор приводных газотурбинных установок для газоперекачивающих агрегатов и объектов их применения ОАО «Авиадвигатель». Удостоен премии имени П. А. Соловьева II степени. Имеет 13 авторских свидетельств и патентов на изобретения.

ГТНА «УРАЛ-6000»

ОБЩАЯ СХЕМА газотурбинного насосного агрегата ГТНА «Урал-6000»



Цифрами на схеме указано:

1. Воздуховод системы вентиляции отсека двигателя.
2. Аппарат воздушного охлаждения масла двигателя.
3. Блок воздухоочистки.
4. Блок шумоглушения.
5. Воздуховод системы вентиляции отсека нефтяного насоса.
6. Аппарат воздушного охлаждения масла нефтяного насоса и редуктора.
7. Отсек автоматики.
8. Маслосистема нефтяного насоса и редуктора.
9. Нефтяной насос.
10. Редуктор.
11. Входная камера циклового воздуха двигателя.
12. Двигатель.
13. Бронешит.
14. Отсек двигателя.
15. Выходное устройство с компенсатором.
16. Шахта выхлопа.

Газотурбинный насосный агрегат «Урал-6000» разработки и производства ОАО «Авиадвигатель» представляет собой технологический комплекс оборудования и предназначен для перекачки сырой нефти по магистральному трубопроводу, идущему от добывающих платформ у северо-восточной оконечности о. Сахалин до завода по производству сжиженного природного газа и терминала отгрузки нефти на юге острова (в заливе Анива).

Основу конструкции ГТНА составляет турбоблок, в состав которого входят:

- ГТУ-6П на базе двигателя Д-30ЭУ-6 с редуктором Р-45-01. Изготовитель – ОАО «Пермский моторный завод»;
- центробежный нефтяной насос с системой уплотнения опор производства немецкой фирмы «Ruhr Pumpen»;
- система автоматического управления ГТНА, выполненная на основе мультипроцессорной системы комплексного управления (МСКУ) на элементной базе Siemens ЗАО НПФ «Система-Сервис».

На крыше турбоблока устанавливается индивидуальное воздухоочистительное устройство циклонного типа с шумоглушителем, блоки вентиляции отсеков двигателя и насоса с редуктором, аппараты воздушного охлаждения масла (АВОМ) систем маслообеспечения двигателя, редуктора и насоса. Выхлопные газы отводятся в си-

стему с шумоглушителем и выхлопной трубой высотой 15 м от основания, утилизация тепла в проектных требованиях заказчика не предусмотрена.

В конструкции ГТНА предусмотрено оборудование систем освещения, электрического обогрева и вентиляции. Кроме того, агрегат оснащен автоматической системой пожаротушения и контроля загазованности.

Необходимо отметить, что особенностью ГТНА «Урал-6000» является использование преимущественно российского оборудования. Исключением является насос для перекачки сырой нефти, выбор которого был сделан заказчиком проекта.

Кроме этого, по требованию Заказчика применяется электрическая система запуска.

ГТНА подключается к трубопроводной обвязке ДНКС-2. Вид топлива ГТНА – природный газ.

Система шумоглушения насосного агрегата обеспечивает соответствие уровней шума агрегата требованиям СН 2.2.4/2.1.8.562.

Для снижения шума предусмотрено применение шумоглушителей в системах вентиляции двигателя и насоса, на тракте всасыва-

ния воздухозаборного устройства и в системе выхлопа.

Технологические процессы ГТНА полностью автоматизированы. Система автоматического управления агрегата взаимодействует с системой управления технологическим процессом ДНКС-2 по согласованному протоколу обмена MODBUS. Высокая степень автоматизации и надежная система управления обеспечивают работу установок в автоматическом режиме без постоянного присутствия обслуживающего персонала.

В процессе разработки был выполнен анализ прочности несущих элементов конструкции турбоблока и выхлопной системы газотурбинного насосного агрегата ГТНА «Урал 6000» при действии сейсмических и ветровых нагрузок. Конструкция ГТНА устойчива в условиях ветровых нагрузок – для III района [0,38 кПа (38 кгс/м²)] и снеговых нагрузок – для VI района [2,5 кПа (250 кгс/м²)] по СНиП 2.01.07.

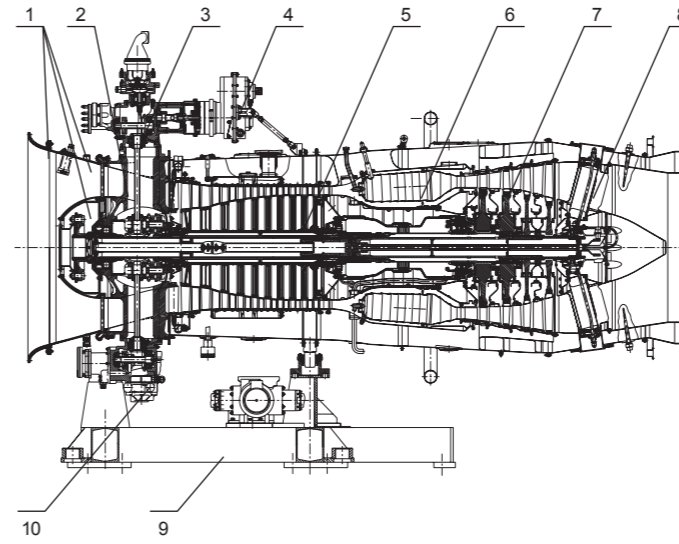
Поставка и транспортирование ГТНА «Урал-6000» к месту назначения произведены отдельными модулями (блоками) в состоянии полной заводской го-

ГАЗОТУРБИННЫЙ НАСОСНЫЙ АГРЕГАТ ГТНА «УРАЛ-6000» СОЗДАН НА БАЗЕ ОДНОГО ИЗ САМЫХ НАДЕЖНЫХ В ИСТОРИИ РОССИЙСКОГО АВИАПРОМА АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ Д-30

ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГТНА «Урал-6000» (в станционных условиях)

Параметр	Максимальный	Номинальный	Минимальный
	режим	режим	режим
Производительность насоса, м ³ /ч	2 245	1 424	800
Напор насоса, м	925	1 045	294
Потребляемая мощность на валу насоса, кВт	5 392	3 928	650
Частота вращения насоса, об./мин.	3 650	3 532	1 886
Частота вращения СТ, об./мин.	7 088	6 859	3 663
Температура газа на выходе из силовой турбины, °С	530	500	400
Расход газа за силовой турбиной, кг/с	29,99	29,93	16,5
Ресурс, час:			
до капитального ремонта		25 000	
назначенный		100 000	

ОБЩАЯ СХЕМА газотурбинного двигателя Д-30ЭУ-6



Цифрами на схеме указаны:

1. Входное устройство.
2. Корпус разделительный с центральным приводом.
3. Коробка приводов верхняя.
4. Редуктор с муфтой.
5. Компрессор.
6. Камера сгорания.
7. Турбина.
8. Задняя опора.
9. Рама двигателя.
10. Коробка приводов нижняя.

товности к монтажу, что уменьшило срок сборки агрегата на месте эксплуатации. Все блоки имеют габариты, позволяющие транспортировку автомобильным и железнодорожным транспортом.

По требованию заказчика был внедрен ряд мероприятий для усовершенствования ГТНА «Урал-6000». Основные конструктивные технические решения заключаются в следующем:

1. Турбоблок разделен на три отсека: отсек двигателя, отсек центробежного насоса с редуктором и отсек САУ. Таким образом обеспечена взрывобезопасность применяемого оборудования. Отсек системы автоматического управления является невзрывоопасной зоной. Отсек двигателя и отсек насоса и редуктора оборудованы вытяжной системой вентиляции. Отсек САУ оснащен системой кондиционирования.

2. Использование агрегатов САУ взрывозащищенного исполнения, в том числе двух стопорных клапанов СКВ, дозатора газа ДГВ, командного агрегата КА-30ГЭ-ВИ.

3. Применена автоматическая система управления агрегатом на базе мультипроцессорной системы комплексного управления МСКУ-5000. Для контроля и управления технологическим оборудованием из отсека САУ в комплексе МСКУ поставлена рабочая станция.

4. Автоматическая система газового пожаротушения (разработчик и изготовитель – ОАО «Авиадвигатель») обеспечивает объемное пожаротушение с помощью установок газового (СО₂) пожаротушения. Управление осуществляется прибором приемно-контрольным охранно-пожарным «Роса-2SL» (один на все отсеки – отсек двигателя, насоса, САУ). Модули газового пожаротушения размещаются в специализированном отапливаемом блок-контейнере, который устанавливается рядом с турбоблоком. Оборудование блока пожаротушения выполнено во взрывозащищенном исполнении.

5. Система контроля загазованности позволяет вести контроль загазованности в протоковой части воздухозаборного устройства, в отсеке двигателя, на входе блока вентиляции от-

сека двигателя, на входе системы вентиляции отсека насоса, в отсеке САУ.

Газоаналитическая система СГОЭС-ТГ/115 состоит из газоанализаторов, устройства порогового типа УПЭС-30/116, светозвуковых оповещателей, установленных снаружи турбоблока.

6. Информация с САУ агрегата, системы пожаротушения и системы контроля загазованности передается по протоколу обмена MODBUS в системы управления и аварийной защиты ДНКС-2.

7. Длительность межремонтного периода ГТНА увеличена до 4 000 час.

Важнейшим этапом в ходе реализации проекта стало проведение испытаний газотурбинного агрегата в целом на испытательном стенде предприятия-изготовителя по специальной программе, разработанной ОАО «Авиадвигатель» и согласованной с заказчиком.

Функции технического контроля изготовления, сборки, испытаний и отгрузки оборудования электростанций выполняли представители компании «Moody International». Представители SEIC и представители инспектирующей организации «Moody International» проводили приемку как отдельных узлов и комплектующих, так и газотурбинного насосного агрегата в целом.

Проект ГТНА был представлен на комиссию НАЗОР для рассмотрения инженерно-технологических схем и относящейся к ней документации с целью анализа безопасности проекта в случаях, возникающих в результате сбоя оборудования или несрабатывания систем.

В апреле 2010 года два газотурбинных насосных агрегата ГТНА «Урал-6000», изготовленные в рамках проекта «Сахалин-2», успешно прошли 72-часовые испытания и были переданы в промышленную эксплуатацию. ■

МНЕНИЕ

Сергей Николаевич МЕНЬШИКОВ
Генеральный директор
ОАО «Газпром добыча Надым»

«Разработка и конструкторское сопровождение газотурбинных двигателей для гражданской и военной авиации, а также газотурбинных установок и электростанций – эти масштабные задачи на протяжении многих лет успешно решает коллектив ОАО «Авиадвигатель», в том числе и на производственных объектах общества «Газпром добыча Надым».