

Перспективы развития газотурбинной установки Т32 в составе агрегата ГПА-32 «Ладога»

**К.О. Гилев, И. Ю. Кляйнрок (к.т.н.), А. Ю. Култышев (к.т.н.) –
ООО «Газпром энергохолдинг индустриальные активы»
А. В. Скороходов – АО «Невский завод»**

Невский завод успешно освоил производство современной газотурбинной установки мощностью 32 МВт и обладает полной технической свободой для завершения мероприятий по локализации и дальнейшему самостоятельному совершенствованию ее конструкции.

In brief **Prospects for the development of T32 gas turbine plant as part of GPA-32 Ladoga gas pumping unit.**

Nevsky Plant is the only domestic manufacturer of modern gas pumping units based on a stationary gas turbine with a capacity of 32 MW. The first GPA-32 Ladoga gas pumping unit with a T32 gas turbine (based on a gas turbine type MS5002E manufactured by Nuovo Pignone, Italy) was put into operation in 2011. Currently, Nevsky Plant has manufactured and delivered more than 80 GPA-32 Ladoga gas pumping units to the facilities of the Russian gas transmission network.

Невский завод на сегодня является единственным отечественным производителем современных газоперекачивающих агрегатов на базе стационарной газовой турбины мощностью 32 МВт.

Первый газоперекачивающий агрегат ГПА-32 «Ладога» с газовой турбиной Т32 (на базе газовой турбины типа MS5002E производства Nuovo Pignone, Италия) введен в эксплуатацию в 2011 году. На тот момент на зарубежных объектах находилась всего одна установка такого типа, в связи с чем оригинальный завод-изготовитель не имел статистики отказов по газовой турбине MS5002E. Технические решения, заложенные в ее конструкцию, предстояло отработать в ходе эксплуатации агрегатов.

В последующий период, в 2012–2022 гг., Невский завод довел серийное производство до 10–12 агрегатов в год, расширив долю применяемых отечественных компонентов и вспомогательного оборудования. Кроме того, были внедрены мероприятия по повышению надежности и улучшению конструкции агрегатов на основе опыта, полученного в ходе эксплуатации и технического обслуживания ГПА на российских газотранспортных объектах.

В настоящее время Невским заводом изготовлено и поставлено на объекты газотранспортной сети РФ более 80 газоперекачивающих агрегатов ГПА-32 «Ладога». Суммарная наработка парка установленного оборудования составляет свыше 900 тыс. часов. Значительное количество установленного оборудования, с одной стороны, характеризует ГПА-32 «Ладога» как надежный и востребованный агрегат, с другой стороны, позволяет Невскому заводу проводить систематизацию и статистический анализ неисправностей, на основе чего разрабатывать дальнейшие мероприятия по совершенствованию конструкции и повышению надежности ГПА.

Конструктивно газотурбинная установка Т32 представляет собой двухвальный агрегат открытого термодинамического цикла со свободной (силовой) турбиной низкого давления (ТНД). Компрессорная секция ГТУ состоит из 11-ступенчатого высокопроизводительного осевого компрессора с регулируемым входным каналом. Турбины высокого и низкого давления имеют по две ступени. В ГТУ используется многокамерная система сгорания проточного типа, шесть камер которой установлены на выходном корпусе компрессора. Корпус выполнен с горизонтальным разъемом.

В базовом варианте конструкции агрегат поставляется в виде двух блоков: непосредственно газовой турбины на собственной раме и вспомогательных устройств, обеспечивающих ее работоспособность, расположенных на отдельной вспомогательной опорной раме (РВО). На РВО размещены пусковая система с механизмом вращения ротора, система смазки (маслобак), блок топливного газа и другое вспомогательное оборудование. Такое исполнение агрегата называется двухрамным.

В целях уменьшения площади застройки при установке ГТУ, а также сокращения сроков и затрат на изготовление оборудования и его монтаж разработано однорамное исполнение агрегата, когда газовая турбина и вспомогательное оборудование размещаются на единой раме и едином фундаменте (рис. 1).

ГТУ оборудована шумотеплоизоляционным кожухом (КШТ), обеспечивающим защиту персонала компрессорной станции от акустических, тепловых и механических воздействий находящегося в нем технологического оборудования (рис. 2).

В рамках стратегической программы импортозамещения и локализации газотурбинной установки MS5002E, входящей в состав ГПА-32 «Ладога», а также локализации основного и вспомогательного оборудования агрегата Невский завод активно ведет работу по постановке на производство основного и вспомогательного оборудования установки. На сегодня уровень локализации ГТУ Т32 составляет более 75 %. Планируется до конца 2023 года достигнуть 85 % локализации и до конца 2024 года – 100 %.

На текущий момент выполняется замена оригинальных материалов отечественными аналогами и освоение технологии изготовления основных компонентов ГТУ, в том числе компонентов «горячей» части, а также импортозамещение оборудования, обеспечивающего работоспособность ГТУ. Невским заводом приобретено и введено в эксплуатацию технологическое оборудование, на котором освоена технология изготовления лопаток осевого компрессора.

В кооперации с российскими производителями освоена технология изготовления всех литевых заготовок корпусов Т32. В завершающей стадии находится освоение технологии изготовления дисков турбин низкого и высокого давления, а также лопаток ТНД. Также в кооперации с производителем РФ ведется отработка технологии изготовления шраудов и диафрагм турбин низкого и высокого давления.

По компонентам камеры сгорания специалисты Невского завода выполняют конструкторскую

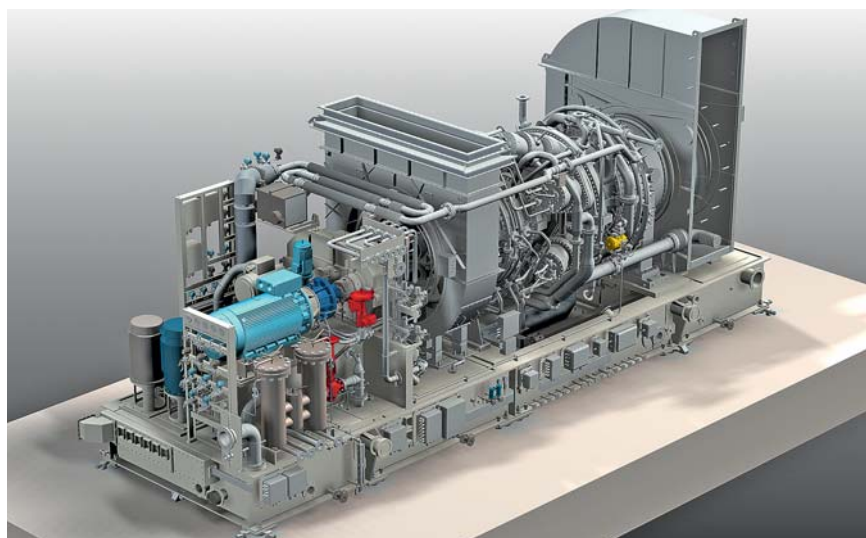


Рис. 1.
ГТУ Т32 на единой раме

торскую подготовку производства под технологические возможности российского изготовления с заменой на отечественные материалы. Активно ведется подготовка к контрактации по компонентам камеры сгорания с производителем РФ, а также по лопаткам турбины высокого давления.

Одновременно с работой по локализации компонентов проведен расчетно-аналитический анализ по обоснованию дальнейшего совершенствования конструкции и повышения характеристик газовой турбины, а также подготовлено техническое задание на проведение поэтапной модернизации ГТУ.

В ходе создания модернизированной газовой турбины предполагается максимально использовать освоенные в производстве заготовки и материалы корпусных и роторных деталей, подшипники, элементы горячего тракта, узлы и вспомогательное оборудование от агрегата Т32, не имеющие выявленных недостатков при изготовлении и в процессе эксплуатации.

Основные этапы развития газовой турбины Т32

Год	Событие
2008, март	Приобретение лицензии на производство газовой турбины нового поколения мощностью 32 МВт с полной передачей технологии
2009, июнь	Подписание первого контракта на поставку 19 газоперекачивающих агрегатов «Ладога» для объектов реконструкции и нового строительства ПАО «Газпром»
2010, сентябрь	Пуск первой российской индустриальной газовой турбины мощностью 32 МВт на стенде Невского завода
2012, декабрь	Подписана программа долгосрочного сотрудничества между Невским заводом и ПАО «Газпром» по 2020 год
2014, декабрь	Подписано расширение лицензионного соглашения о 100 %-й передаче технической документации на все компоненты газовой турбины, в том числе на производство элементов «горячей части» турбины Т32 и САУ ГТУ
2021, июнь	Подписано соглашение с Nuovo Pignone (Baker Hughes), в соответствии с которым Невский завод получил бессрочное право на использование технической документации на технологию сборки, изготовление и испытание ГТУ большой мощности MS5002E 32 МВт с технической свободой на самостоятельную модификацию турбины в диапазоне мощности 30...36 МВт для любых целей



Рис. 2.
ГТУ Т32 на единой раме
с КШТ

Табл.
Основные параметры
газотурбинной установки Т32

Параметры	Т32	Т32М-1	Т32М-2
	Текущий профиль	Первый этап	Второй этап
Номинальная мощность на муфте ГТД, МВт	32,0	32,5	34,0
Эффективный КПД ГТД, %	36,1	36,3	37,5

технико-экономических характеристик планируется достичь путем увеличения степени сжатия осевого компрессора и поэтапного увеличения начальной температуры газа перед ТВД.

Во второй этап модернизации включены следующие мероприятия:

- добавление двенадцатой ступени в осевой компрессор;
- перепрофилирование лопаточного аппарата турбины высокого давления;
- модернизация системы охлаждения ТВД;
- модернизация камеры сгорания.

В табл. представлены целевые характеристики газовой турбины Т32 после проведения модернизации.

Заключение

Обобщая вышеизложенное, можно сделать следующие основные выводы:

1. Невский завод успешно освоил производство современной газотурбинной установки мощностью 32 МВт и обладает полной технической свободой для завершения мероприятий по локализации и дальнейшему самостоятельному совершенствованию ее конструкции.

2. Текущий уровень локализации газотурбинной установки – 75 %, к 2024 году планируется достичь уровня локализации 100 %.

3. Осуществляется проект по двухэтапной модернизации газовой турбины с повышением ее КПД до 37,5 %.

В серии последующих статей будут представлены результаты расчетно-аналитических исследований и конструкторско-технологической подготовки производства по совершенствованию газотурбинной установки Т32 в составе газоперекачивающего агрегата ГПА-32 «Ладога». **Д**

На рис. 3 красным цветом отмечены узлы и детали, заменяемые в ходе модернизации.

На первом этапе модернизации предполагается повышение эксплуатационных свойств парка серийных агрегатов за счет минимальной доработки исходной конструкции и алгоритмов системы управления.

Основанием для начального этапа модернизации является анализ накопленного опыта испытаний и эксплуатации парка агрегатов Т32.

В первый этап модернизации включены следующие мероприятия:

- исключение сбросных клапанов за осевым компрессором;
- расширение диапазона регулирования входного направляющего аппарата;
- нанесение прирабатываемого покрытия на корпус осевого компрессора;
- уплотнение радиального зазора рабочего колеса ТВД;
- наружная изоляция корпуса турбины;
- оптимизация алгоритмов пуска;
- перепрофилирование соплового аппарата первой ступени ТНД.

Целью второго этапа модернизации является существенное повышение экономичности газовой турбины (до 37 % и более). Повышение

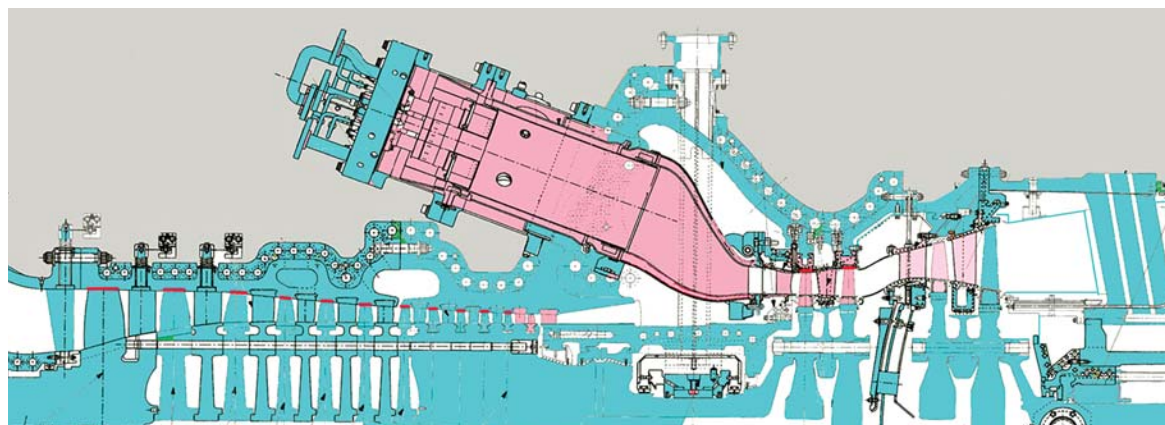


Рис. 3.
Модернизируемые элементы
проточной части ГТУ
(выделены красным цветом)