

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 station-
ary 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 oper-
ation in 2011. Currently,
Nevsky Plant has manu-
factured 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 един-
ственным отечественным производителем
современных газоперекачивающих агре-
гатов 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 обслужива-
ния ГПА на российских газотранспортных
объектах.

В настоящее время Невским заводом
изготовлено и поставлено на объекты
газотранспортной сети РФ более 80 газопере-
качивающих агрегатов ГПА-32 «Ладога».
Суммарная наработка парка установленного
оборудования составляет свыше 900 тыс. часов.
Значительное количество установленного
оборудования, с одной стороны, характери-
зует ГПА-32 «Ладога» как надежный и
востребованный агрегат, с другой стороны,
позволяет Невскому заводу проводить систе-
матизацию и статистический анализ неисправ-
ностей, на основе чего разрабатывать даль-
нейшие мероприятия по совершенствованию
конструкции и повышению надежности ГПА.

Конструктивно газотурбинная установка
Т32 представляет собой двухвальный агрегат
открытого термодинамического цикла со сво-
бодной (силовой) турбиной низкого давления
(ТНД). Компрессорная секция ГТУ состоит из
11-ступенчатого высокопроизводительного
осевого компрессора с регулируемым входным
каналом. Турбины высокого и низкого давле-
ния имеют по две ступени. В ГТУ используется
многокамерная система сгорания протivotоч-
ного 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

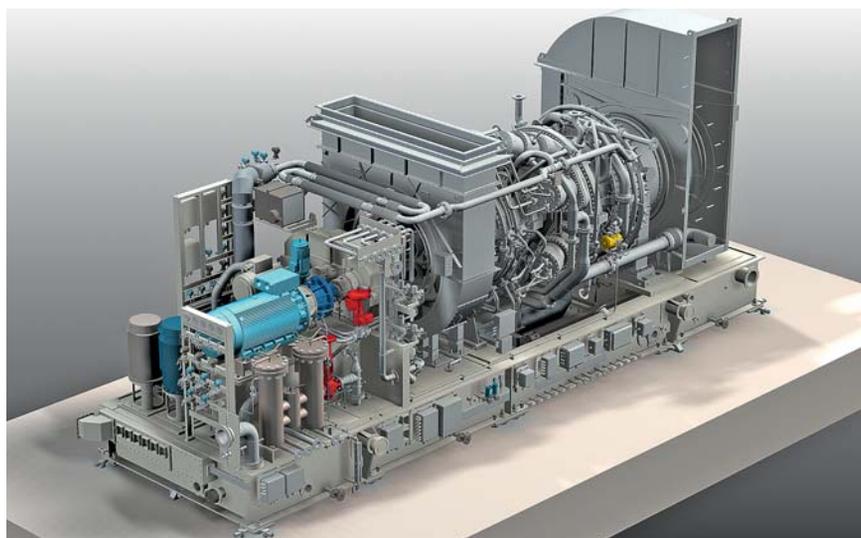


Рис. 1.
ГТУ Т32 на единой раме

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

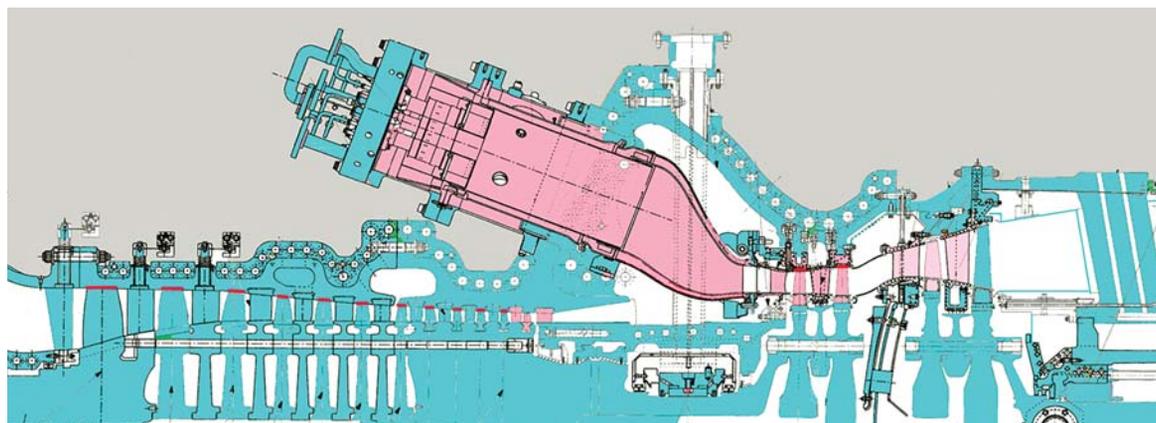


Рис. 3.
Модернизируемые элементы
проточной части ГТУ
(выделены красным цветом)