

**ПЕРЕДОВЫЕ ПРОЕКТЫ**

# Локализация производства газотурбинной установки MS5002E по лицензии General Electric

А.Н. Попков, С. Б. Ильин, И. Ю. Прыгаев – ЗАО «РЭП Холдинг»

Компания «РЭП Холдинг» осуществляет инжиниринговые разработки, изготовление и комплексные поставки энергетического и электротехнического оборудования для газовой, нефтяной, металлургической и химической промышленности, для энергетики и судостроения. В состав Холдинга входят промышленные, научно-производственные и сервисные организации, среди которых крупные предприятия Санкт-Петербурга – ЗАО «Невский завод», ОАО «Завод ЭЛЕКТРОПУЛЬТ», а также несколько совместных предприятий с западными компаниями.

Стратегическим направлением деятельности «РЭП Холдинга» является выпуск энергетического оборудования мирового уровня и освоение передовых зарубежных технологий производства. Партнерство с мировыми лидерами

энергетического машиностроения способствует активному внедрению инновационных разработок и международных стандартов управления, укреплению позиций на международном энергетическом рынке.

Для повышения эффективности производства к 2010 году на всех предприятиях Холдинга проведена глобальная реконструкция и модернизация, установлено оборудование ведущих мировых производителей, закуплены лицензии и освоены технологии выпуска новой продукции.

## Первый опыт партнерства с GE

«РЭП Холдинг» и GE Oil & Gas сотрудничают с марта 2008 года, когда было подписано первое лицензионное соглашение о локализации производства газотурбинной установки (ГТУ) MS5002E, входящей в состав га-

зоперекачивающего агрегата (ГПА) нового поколения «Ладога-32». К 2012 году производство MS5002E было полностью локализовано на «Невском заводе».

Новая газотурбинная установка отвечает всем мировым стандартам. Она высокоэффективна, обладает низким уровнем выбросов и проверенными эксплуатационными характеристиками (*кпд* 36%, выброс окислов азота 20 мг/нм<sup>3</sup>, по данным ООО «Газпром ВНИИГАЗ»). На счету семейства газовых турбин GE пятой серии уже более 16 млн часов эксплуатации по всему миру.

Одним из ключевых преимуществ ГТУ MS5002E является возможность полного обслуживания на территории клиента. Силовая турбина смонтирована на специальном каркасе, который может передвигаться вдоль опорной рамы. Камеры сгорания снимаются без демонтажа выходного корпуса компрессора. В корпусе турбины предусмотрены отверстия для бароскопов, съемная крыша укрытия облегчает доступ при сервисном обслуживании. Это особенно важно при эксплуатации в суровых погодных условиях в отдаленных регионах России, куда доставка оборудования может быть затруднена и требует больших материальных затрат.

По данному соглашению уже произведено и отгружено на объекты ОАО «Газпром» 22 агрегата, которые доказали свою надежность и успешно эксплуатируются на компрессорных станциях.



Фото 1. Серийное производство ГТУ MS5002E на производственной площадке «РЭП Холдинга» – «Невский завод»



Фото 2. Испытательный стенд ГТУ MS5002E на производственной площадке «РЭП Холдинга»



Фото 3. РВУ, изготовленная по первой фазе локализации

### Локализация производства ГТУ MS5002E

Перед началом работ были определены главные направления локализации:

1. Комплектация ГПА;
2. Газотурбинный двигатель MS5002E;
3. Рама вспомогательных устройств;
4. Центробежный компрессор (ЦБК);
5. Блоки управления ГПА.

Локализация производства газотурбинной установки MS5002E на производственных площадках «РЭП Холдинга» проходила в четыре этапа. Это фазы 0 (2008-09), 1 (2010-12), 2 (2011-12), 3 (2012). Рассмотрим содержание каждого этапа.

### Освоение производства. Фаза 0

На этом этапе построен уникальный испытательный стенд и проведены испытания турбины; освоена технология изготовления и осуществлена поставка ЦБК 400-21-1С, КСАУ (комплексной системы автоматического управления), ангара с системами жизнеобеспечения ГПА; проведено обучение персонала «РЭП Холдинга» на площадках GE Oil & Gas (Nuovo Pignone S.p.A.).

К освоению и выпуску принципиально новых ЦБК 400-21-1С, предназначенных для работы в газотранспортной системе ОАО «Газпром» в соответствии с проектом «Система магистральных газопроводов «Бова-

ненково – Ухта», «Невский Завод» приступил в 2008 году. В центробежном компрессоре применен кованый корпус (фото 13), который, в отличие от литого, позволяет работать при большем конечном давлении, имеет больший ресурс и позволяет производить замену сменной части ЦБК на территории объекта поставки агрегата. Кованный корпус позволяет модифицировать агрегат в зависимости от требований заказчика. Так, для проекта реконструкции КС «Вавожская» ООО «Газпром трансгаз Чайковский» разработан ЦБК типа 400-21-1С со сменной проточной частью 400СПЧ1.38/76-32С; для проекта реконструкции ОПКС «Грязовец» ООО «Газпром трансгаз Ухта» разработан ЦБК типа 400-21-1С со сменной проточной частью 400СПЧ1.44/76-32С. Различия модификаций нагнетателя заключается в применении различных по геометрии проточных частей, что обеспечивает необходимые заказчику параметры расхода и сжатия газа.

На данном этапе было изготовлено и отгружено три комплекта оборудования на КС «Вавожская» и КС «Грязовец». Отработано взаимодействие всех агрегатов и систем, произведен ввод оборудования в эксплуатацию.

В рамках локализации производства ГТУ MS5002E по фазам 1, 2, 3 была проведена масштабная подготовка производства:

- приобретено и запущено в эксплуатацию высокоэффективное оборудование;
- модернизировано ранее установленное оборудование;
- проведена технологическая подготовка производства;
- созданы специализированные участки сварки, сборки, агрегатирования рам вспомогательных устройств и газотурбинных двигателей, а также сборочные и испытательные стенды;
- запущен в эксплуатацию металлургический цех, сертифицирована технология изготовления отливок на корпуса MS5002E.

### Освоение производства. Фаза 1

В рамках данной фазы освоена технология изготовления:

- РВУ (рама вспомогательных устройств, фото 3);
- КШТ (кожух шумотеплоизолирующий, фото 4) РВУ и ГТД;



Фото 4. Сборка КШТ на производственной площадке «РЭП Холдинга»



## ХРОНИКА

**2008 год** – приобретение у GE Oil & Gas (Nuovo Pignone S.p.A.) лицензии с полной передачей технологии на производство ГТУ нового поколения MS 5002E мощностью 32 МВт, входящей в состав ГПА-32 «Ладога».

**2009 год** – подписан контракт между ЗАО «РЭП Холдинг» и ОАО «Газпром» на поставку 19 ГПА-32 «Ладога» для объектов реконструкции и нового строительства магистрального газопровода Бованенково – Ухта.

**2012 год** – заключен контракт на поставку 14 ГПА-32 «Ладога» для обеспечения подачи газа на морской участок магистрального газопровода «Южный поток» на крупнейшую в мире компрессорную станцию «Русская»;

– заключен контракт на поставку 12 ГПА-32 «Ладога» для обеспечения подачи газа во вторую нитку магистрального газопровода «Бованенково – Ухта» на компрессорные станции «Интинская», «Сынинская», «Чикшинская», «Малоперанская»;

– подписано соглашение между «РЭП Холдингом» и GE Oil & Gas о создании совместного предприятия по сервису газовых турбин ООО «Ладога-Сервис» для поддержки газотранспортных предприятий в вопросах обеспечения запасными частями, выполнения комплексного технического обслуживания, гарантийного и постгарантийного ремонта, инженерно-технического сопровождения эксплуатации парка агрегатов ГПА-32 «Ладога», а также проведения сервисных работ по другим типам нефтегазового и энергетического оборудования;

– подписана программа долгосрочного сотрудничества с ОАО «Газпром» по 2020 год, предусматривающая производство и внедрение современного высокотехнологичного газоперекачивающего оборудования на ключевых объектах реконструкции и нового строительства в рамках развития системы магистральных газопроводов. В программе, в частности, прописаны мероприятия по расширению мощностного ряда производимого оборудования, которые позволят наладить разработку и серийный выпуск в России конкурентоспособных газотурбинных и электроприводных газоперекачивающих агрегатов и электростанций.



Фото 5. Формовка модельных комплектов на производственной площадке «РЭП Холдинга»

■ КСАУ (комплексная система автоматического управления);

■ проведено обучение персонала «РЭП Холдинга» на площадках GE Oil & Gas (Nuovo Pignone S.p.A.).

Изготовлено и отгружено 11 комплектов оборудования (КС «Чикшинская» – 4, КС «Малоперанская» – 4, КС «Интинская» – 3).

### Освоение производства. Фаза 2

На этом этапе разделение работ было следующим: компания GE Oil & Gas (Nuovo Pignone S.p.A.) осуществляла производство и поставку роторов, камеры сгорания и MARK Vie; «РЭП Холдинг» производил все компоненты по фазам 0 и 1, а также приступил к изготовлению корпусов, входных

и выходных камер, рамы газотурбинного двигателя (ГТД), трубной обвязки, освоил сборку, провел испытание газотурбинной установки. На данном этапе было завершено изготовление и испытания 4-х агрегатов.

«РЭП Холдингом» освоены технологии изготовления:

■ отливок корпусных деталей (фото 6) и механической обработки (фото 7);

■ основной и технологической рамы турбины; входного и выхлопного патрубков, диффузоров; КВОУ; системы выхлопа;

■ сборки корпусов вертикального выравнивания (фото 8, 9);

■ трубной и электрической обвязки рамы турбины и самой турбины;



Фото 6. Отливки корпусных частей турбины на металлургическом производстве «РЭП Холдинга»



Фото 7. Обработка корпуса компрессора на производственной площадке «РЭП Холдинга»



Фото 8. Корпуса ГТД производства «РЭП Холдинга», готовые к сборке

■ сборки ГТД (фото 10) на сборочном и испытательном стенде.

Подготовлен стенд под испытания, согласована программа и методика испытаний, проведены испытания первой ГТУ.

Проведено обучение персонала «РЭП Холдинга» на площадках GE Oil & Gas.

### Освоение производства. Фаза 3

Финальным этапом процесса локализации стало изготовление и испытание ГТУ по третьей фазе.

GE Oil & Gas (Nuovo Pignone S.p.A.) оставила за собой производство лопаток 1-й и 2-й ступеней ТВД, камеры сгорания, MARK Vie. По завершении освоения третьей фазы «РЭП Холдинг» выпускает все компоненты фаз 0, 1, 2, производит роторы, осуществляет сборку и испытание ГТУ.

В рамках финальной стадии локализации освоены технологии изготовления:

- ротора осевого компрессора,
- ротора турбины низкого давления,
- основных деталей и узлов ГТУ.

Освоена технология сборки роторов осевого компрессора и турбины низкого давления.

Изготовлена опытная партия компрессорных лопаток.



Подготовлены стенды под сборку роторов и стенд под испытания роторов.

Проведено обучение персонала «РЭП Холдинга» на площадках GE Oil & Gas.

### Процесс и результаты подготовки серийного производства

Для реализации долгосрочной программы выпуска ГТУ нового поколения мощностью 32 МВт в 2008–10 гг. на предприятиях Холдинга была проведена полномасштабная реконструкция и модернизация производственных мощностей.

В соответствии с программой модернизации все технологические процессы были переоснащены новейшим современным оборудованием, отремонтированы производственные и бытовые помещения, преобразована цеховая структура, укомплектованы пять основных производств, внедрена многоуровневая система планирования. Закуплено, установлено и введено в эксплуатацию новое современное оборудование ведущих мировых производителей – поставлены станки Tos Varnsdorf, введены в строй технологические линии по производству лопаток Okuma, Mori Seiko. Было закуплено оборудование для производства роторов газовой

## ХРОНИКА

**2013 год** – подписан меморандум между «РЭП Холдингом» и ОАО «Газпром», в соответствии с которым «РЭП Холдинг» будет разрабатывать и производить новую модель стационарного ГПА мощностью 16 МВт с КПД 38% и рабочим ресурсом не менее 200 тыс. часов;

– подписано лицензионное соглашение между «РЭП Холдингом» и GE Oil & Gas о совместном проектировании и производстве новой промышленной ГТУ мощностью 16 МВт для нужд ОАО «Газпром» и энергетических компаний;

– подписано лицензионное соглашение с компанией Solar о локализации производства газоперекачивающих агрегатов мощностью 22 МВт.



Фото 9. Сборка корпусов, вертикальное выравнивание



Фото 10. Установка (укладка) ротора





Фото 11. Детали ротора ТНД и ТВД производства «РЭП Холдинга»



Фото 13. Центробежный компрессор 400-21-1С



Фото 12. Обработка дисков ротора ТВД

турбины, в частности обрабатывающие центры для изготовления турбинных дисков, балансировочное оборудование и стеллажи для сборки роторов. Пополнился парк станков для обработки корпусов и крупногабаритных деталей. С целью повышения производительности модернизировано имеющееся металлообрабатывающее оборудование.

Внедрена интегрированная система менеджмента качества, получены международные сертификаты IQNET и SINCERT, сертификат в области экологического менеджмента ISO 14000, подготовлены

кадры, многие специалисты прошли обучение на заводе Nuovo Pignone в Италии.

Для механических, теплотехнических и исследовательских испытаний ГТУ MS5002E на «Невском заводе» построен уникальный испытательный стенд с годовой программой до 20 агрегатов.

С целью достижения высокого качества изготавливаемых изделий было закуплено соответствующее контрольно-измерительное оборудование.

К 2011 году на «Невском заводе» полностью модернизировано метал-

лургическое производство, введено новое современное оборудование, плавильные печи, оборудование для производства литейных форм, производство модельной оснастки, что позволило освоить выплавку изделий для ГПА-32 «Ладога».

Этот комплекс работ позволил запустить в серийное производство первую российскую промышленную ГТУ мощностью 32 МВт.

В процессе локализации по трем фазам было полностью освоено изготовление РВУ, выпуск деталей, начиная с отливок и заканчивая окончательной механической обработкой корпусов турбин высокого и низкого давления, освоено изготовление роторов турбокомпрессора с окончательной сборкой и балансировкой на модернизированном балансировочном оборудовании, полностью освоено агрегатирование ГТУ и РВУ, а также электрическая и трубная обвязка. На сварочных площадках освоено изготовление сварных конструкций, таких как рамы ГТУ, РВУ, входного и выхлопного патрубка, полностью освоено изготовление кожуха шумоизоляции с пакетированием.

Сегодня ЗАО «РЭП Холдинг» имеет все необходимое, чтобы производить ГПА-32 «Ладога» и предложить российскому рынку технологически совершенное изделие для наиболее сложных условий эксплуатации в промышленности – с точки зрения как производственных возможностей, так и технологий.

**Серийное производство ГТУ MS5002E – основные референции по объектам поставок, статус ключевых проектов**

Всего для объектов ОАО «Газпром» произведены 24 агрегата нового поколения ГПА-32 «Ладога» с приводом от ГТУ MS5002E, изготовленные по различным фазам локализации. 22 из них уже отгружены на компрессорные станции системы магистральных газопроводов «Бованенково – Ухта» и для реконструкции КС «Грязовец» и КС «Вавожская». Введены в эксплуатацию агрегаты на



Фото 14. ГТУ MS5002E, изготовленная по третьей фазе локализации на участке агрегатирования производственной площадки «РЭП Холдинга»

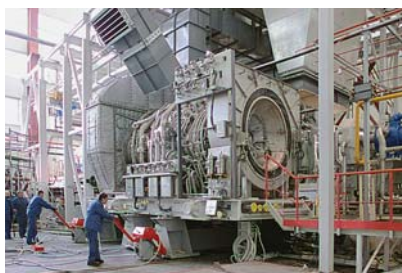


Фото 15. Установка ГТУ MS5002E на испытательный стенд на производственной площадке «РЭП Холдинга»



Фото 16. Комплектная поставка оборудования на станцию в производственном цехе «РЭП Холдинга»



Фото 17. ГПА-32 «Ладога» на компрессорной станции «Вавожская» с приводом от ГТУ MS5002E

КС «Вавожская» (фото 17) – 1 и 2, «Грязовец», четыре станционных ГПА-32 «Ладога» на КС-8 «Чикшинская» (фото 18), изготовлены и монтируются агрегаты для КС «Сынинская», «Малоперанская», «Интинская». Проведены испытания двух агрегатов для КС «Русская».

Ведется проектирование и производство партии агрегатов в рамках продолжения поставок на вторую нитку магистрального газопровода «Бованенково – Ухта» и на другие объекты реконструкции и нового строительства ОАО «Газпром». В их числе «Южный поток» – новый подводный газопровод, соединяющий Россию и Болгарию через Черное море, в частности КС «Русская».

К ноябрю 2012 года было налажено собственное производство 90% агрегата, первая ГТУ, собранная по

третьей фазе локализации, прошла приемо-сдаточные испытания и была отгружена на КС «Интинская» второй нитки магистрального газопровода «Бованенково – Ухта». Всего для этой станции изготовлено и отгружено в июне 2013 года три агрегата, в целом же для второй нитки планируется поставка 12 газоперекачивающих агрегатов ГПА-32 «Ладога».

**Перспективы программы стратегического партнерства: новые соглашения на производство турбин мощностью 16 и 22 МВт**

20 июня 2013 года «РЭП Холдинг» и GE Oil & Gas подписали лицензионное соглашение о совместном проектировании и производстве новой промышленной газотурбинной установки мощностью 16 МВт, а в августе

было подписано соглашение с компанией Solar Turbines о локализации производства ГТУ мощностью 22 МВт в три этапа на территории «Невского завода».

Новые агрегаты будут применяться для строительства и модернизации стратегически важных объектов газовой отрасли в рамках реализации Программы долгосрочного сотрудничества «РЭП Холдинга» и «Газпрома», подписанной 19 декабря 2012 года, по расширению мощностного ряда газоперекачивающих агрегатов, а также на объектах энергетических и топливных компаний в России и за рубежом.

В первой половине 2013 года ЗАО «РЭП Холдинг» принял участие в тендере на поставку газоперекачивающих агрегатов ГПА-32 «Ладога» в рамках проекта «Компрессорная станция ОБТК» для «Сахалина-2». Результаты тендера ожидаются в четвертом квартале 2013 года. В перспективных планах «РЭП Холдинга» – участие в тендере на поставку агрегатов ГПА-32 «Ладога» для объектов магистрального газопровода «Сила Сибири».


Сегодня ЗАО «РЭП Холдинг» – одно из ключевых энергомашиностроительных предприятий России, специализирующееся на разработке и производстве инновационной энергетической продукции, которая применяется для модернизации газотранспортной системы, при строительстве современных энергоблоков и электростанций, в нефтяной промышленности и других отраслях. 



Фото 18. Агрегаты ГПА-32 «Ладога» с приводом от ГТУ MS5002E на КС-8 «Чикшинская»