



## Локализация турбин серии SGT5 для российской энергетики

**In brief**  
**Localization of SGT5 series turbines for Russian power industry.**

Siemens Gas Turbine Technologies (SGTT) is the only company in Russia, which has proven its competence in production, service and design of large gas turbines.

SGTT's business priority is to localize production of gas turbine SGT5-2000E. The localization level is more than 60 %.

SGTT was founded in 2011, it is energy hub within Siemens Energy company.

In June 2015 SGTT's state-of-the-art production complex for the production of gas turbines was put into operation in the village Gorelovo. The operational activity of the company ensures the loading of subcontractors from various regions of Russia.

**С. В. Костенников, А. С. Лебедев – ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин»**

ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» (СТГТ) – единственная в России компания, обладающая подтвержденными компетенциями по проектированию, изготовлению и обслуживанию газовых турбин большой мощности: SGT5-2000E и SGT5-4000F. Локализация изготовления газовой турбины SGT5-2000E является приоритетным проектом для компании – текущий уровень локализации составляет более 60 %.

**П**редприятие «Сименс Технологии Газовых Турбин», основанное в 2011 г., является многофункциональным энергетическим комплексом в составе компании «Сименс Энергетика» со следующими направлениями деятельности:

- изготовление газовых турбин, комплектная поставка газотурбинного и парогазового оборудования энергоблоков;
- инжиниринг по проектированию газовых турбин;
- реализация проектов: шефмонтажные и пусконаладочные работы на электростанции;
- сервис и модернизация генерирующего оборудования в РФ и странах СНГ, включая ремонт и восстановление компонентов горячего тракта, удаленный мониторинг оборудования и решения по цифровизации.

В июне 2015 г. пущен в эксплуатацию современный производственный комплекс СТГТ по изготовлению газовых турбин в поселке Горелово Ленинградской области [1]. Объем реализованных инвестиций составил более 110 млн евро в рублевом эквиваленте, что является рекордным вложением фирмы

«Сименс Энергетика» по сравнению с другими международными проектами. В бюджеты разного уровня СТГТ выплатило более 10 млрд рублей налоговых отчислений.

Многофункциональный комплекс в п. Горелово включает:

- производственный комплекс по изготовлению газовых турбин (12 700 м<sup>2</sup>);
- сервисный центр по ремонту и восстановлению лопаток турбин (850 м<sup>2</sup>);
- склад запасных частей для оперативных нужд (1000 м<sup>2</sup>);
- офисное здание (6500 м<sup>2</sup>), включая удаленный мониторинговый центр (УМЦ).

На предприятии трудится около 300 человек. Оперативная деятельность компании обеспечивает загрузку предприятий-субпоставщиков из различных регионов России. На настоящий момент СТГТ поставило отечественным заказчикам и на экспорт 10 газовых турбин SGT5-2000E.

Приоритетной задачей предприятия является локализация изготовления в России газовых турбин большой мощности. В 2017 г. получен Акт экспертизы Торгово-промышленной пала-



ты С.-Петербурга, подтверждающий уровень локализации газовой турбины SGT5-2000E в 52 %. В декабре того же года СТГТ было внесено в реестр локальных производителей Минпромторга России. Начиная с 2019 года газовая турбина SGT5-2000E локализована уже на 62 %, включая поставки основных поковок и отливок с российских предприятий.

Такие результаты достигнуты благодаря планомерной работе по поэтапному освоению изготовления компонентов газовых турбин в производственном комплексе и по методической квалификации поставщиков.

Производственный комплекс СТГТ состоит из трех участков.

*Участок механической обработки роторов.* Участок оснащен современным и уникальным оборудованием, специально заказанным с учетом специфики операций по изготовлению роторов больших газовых турбин. В частности, включает протяжной станок для подготовки пазов под лопатки турбин в крупногабаритных дисках, хиртонарезной станок, горизонтально-фрезерно-расточной комплекс с двумя столами, токарный комплекс для обработки роторов длиной до 15 м и весом до 180 т.

*Участок сварки и механической обработки корпусов.* Здесь выполняется полный комплекс операций по изготовлению статорных компонентов. Участок оснащен порталным обрабатывающим центром для обработки крупногабаритных узлов с высокой точностью (до 80 т, диаметр планшайбы 5 м), токарно-фрезерными карусельными обрабатывающими центрами, многофункциональными роботизированными сварочными установками для сварки под флюсом и лазерной наплавки, высокотемпературной печью для термообработки крупногабаритных изделий. Также предусмотрена широкая номенклатура оборудования для ручной и полуавтоматической сварки, мелкой механики, заготовительных операций (гидроабразивная резка, вальцегибочные машины и др.).

*Участок сборки.* Оснащение участка специальными стендами обеспечивает вертикальную сборку роторов, камер сгорания и турбин в целом.

С начала пандемии СТГТ не останавливало производство ни на один день, выполняя все обязательства перед заказчиками. На предприятии предусмотрены все санитарные меры, предписанные Роспотребнадзором, и в полном соответствии с производственным планом продолжался процесс изготовления компонентов SGT5-2000E для экспортных заказов, в частности, производство комплектов камер сгорания.

ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» продолжает инвестировать в развитие сервиса [2]. Парк установленных газовых турбин типа 2000E (включая ГТЭ-160) и 4000F насчитывает в России 59 единиц. Техническое обслуживание турбин SGT5-2000E/-4000F осуществляется локальной сервисной бригадой на месте установки и эксплуатации генерирующего оборудования.

Интервалы между инспекциями и условия их проведения оптимизируются под требования каждого конкретного проекта и заказчика. Стандартный жизненный цикл ГТУ составляет 100 тыс. экв. часов. После этого требуется обследование с целью продления ресурса – капитальный ремонт с восстановлением исходного ресурса на следующие 100 тыс. часов, как это было сделано, например, на установках SGT5-2000E (V94.2) на Северо-Западной ТЭЦ в С.-Петербурге.

Проводимая модернизация парка действующих газовых турбин в России направлена на повышение их технико-экономических показателей, а также на увеличение интервалов между инспекциями: от 25 тыс. экв. часов для 3-й версии и до 50 тыс. часов для 9-й версии. Кроме того, на предприятии создан склад специального инструмента и стратегический склад с необходимым объемом запасных частей для газовых, паровых турбин и генераторов, позволяющий незамедлительно обеспечивать эксплуатирующие организации запасными деталями с территории РФ.

Несмотря на ограничения, связанные с пандемией, предприятие в полном объеме выполняет свои обязательства по сервисным договорам SGT5-2000E и SGT5-4000F в России.

*В декабре предприятию «Сименс Технологии Газовых Турбин» исполнилось 10 лет. За этот период были изготовлены и поставлены заказчиком 10 газовых турбин SGT5-2000E.*

*Выполнено более 180 инспекций и ревизий для парка энергетических газовых турбин 2000E и 4000F, по программе диверсификации производства собраны и испытаны 83 ветрогенератора для двух ветропарков в России, выплачено более 10 млрд рублей налогов в бюджеты разного уровня.*



**С** Многофункциональный энергетический комплекс СТГТ



Газовая турбина SGT5-2000E

Табл. Параметры газовой турбины SGT5-2000E (ISO)

Наименование	Показатель
Электрическая мощность, МВт	187
Электрический КПД, %	36,5
Температура продуктов сгорания на выходе из ГТУ, °С	536
Уровень выбросов NO <sub>x</sub> (15 % O <sub>2</sub> ), не более, мг/м <sup>3</sup>	50

В 2016 г. был введен в эксплуатацию удаленный мониторинговый центр (УМЦ), который является надежной базой для анализа эксплуатационных параметров энергоблоков, в том числе и в режиме реального времени, а также для последующей цифровизации энергетических объектов [3]. В УМЦ инженеры компании анализируют эксплуатационные данные с объекта генерации, используя специально разработанные алгоритмы, и сравнивают их с ожидаемыми статистически обоснованными трендами.

Анализ отклонений и принятие решения о корректирующих мерах основано на авторском опыте производителя газовых турбин, что отличает диагностическую модель УМЦ компании СТГТ от других продуктов, предлагаемых сегодня на российском рынке. В ноябре 2021 г. УМЦ СТГТ первым в России официально получил соответствующий Аттестат по безопасности информации, который подтвердил полное соответствие Системы удаленного мониторинга и диагностики действующим требованиям Приказов Министерства энергетики Российской Федерации

№ 1015 и Федеральной службы по техническому и экспортному контролю № 17.

В 2018 г., в соответствии со стратегическим планом по локализации производственных процессов и сервиса, на предприятии был построен сервисный центр для ремонта и восстановления лопаток турбин и других компонентов горячего тракта [6]. В настоящее время в цехе осуществляется восстановление деталей турбин, производимых в СТГТ, а также ГТУ меньшей мощности поставки компании «Сименс Энергетика». В объем комплексных ремонтных работ (без вывоза деталей за пределы РФ) входит: входной контроль и дефектация, удаление отслуживших покрытий методом химического травления и пескоструйной обработки, механический ремонт, сварка, термообработка, напыление теплозащитного покрытия (высокоскоростное газопламенное и атмосферное плазменное напыление посредством робота с поворотным-наклонным столом), а также оценка качества ремонта.

Ремонт пилотного комплекта турбинных лопаток установки SGT5-2000E отечественного оператора был успешно выполнен в 2019 г. – в настоящее время цех загружен работой по следующим заказам. Параллельно были освоены технологии нанесения современного покрытия на компрессорные лопатки.

В 2021 г. электрическая лаборатория СТГТ получила акт регистрации Ростехнадзора [4]. В лаборатории тестируются синхронные генераторы мощностью от 1 МВт и выше, номинальным напряжением до 20 кВ включительно, при этом проводится:

- испытание изоляции повышенным напряжением промышленной частоты; повышенным выпрямленным напряжением с измерением тока утечки по фазам;
- измерение сопротивления изоляции;
- измерение тангенса угла диэлектрических потерь;
- измерение сопротивления постоянному току.

Это стало еще одним шагом расширения локализации сервиса в новой области – для высоковольтных электрических машин.

Компания «Сименс Технологии Газовых Турбин» планировала использовать механизм СПИК для организации работ по полной локализации производства новейшей версии турбины SGT5-2000E, включая компоненты горячего тракта [5].

Современная турбина SGT5-2000E имеет мощность 187 МВт, КПД 36,5 %, температуру продуктов сгорания на выходе из ГТУ 536 °С. Она обладает существенными преимуществами для локализации в РФ:

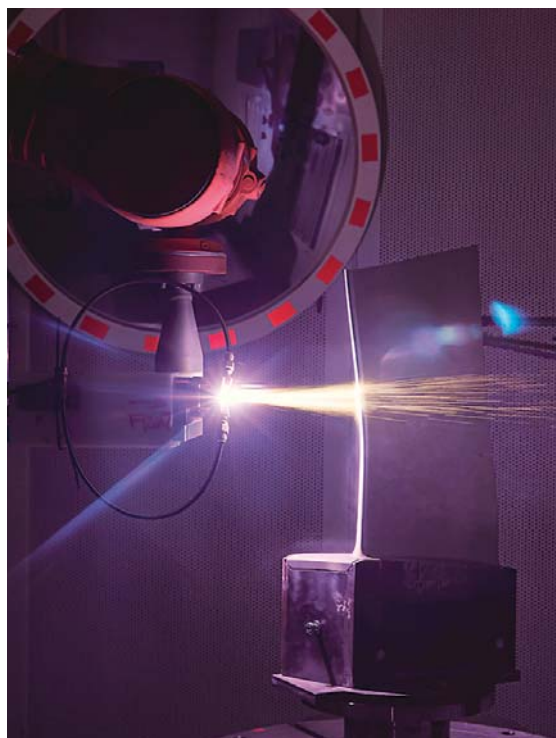


- отработанная и надежная конструкция (продано 670 установок; наработка свыше 21 млн экв. часов);
- хорошо знакомое оборудование для отечественных эксплуатирующих компаний (36 подобных установок работает в РФ);
- уже достигнутый уровень локализации производства на заводе СТГТ составляет 62 %;
- полный спектр локализованных сервисных продуктов для обслуживания генерирующего оборудования ГТЭС – паровых и газотурбинных установок, генераторов и вспомогательного оборудования;
- предлагаемая версия SGT5-2000E имеет параметры, превышающие достигнутые конкурентами в данном классе турбин;
- соответствие экологическим требованиям, эксплуатационная маневренность;
- доказанная возможность эксплуатации на метано-водородной смеси.

Предприятие СТГТ готово провести весь комплекс работ по локализации газовой турбины в течение 3–4 лет при условии, что будет определенное количество заказов для обеспечения окупаемости вложений в модернизацию и оснащение производства.

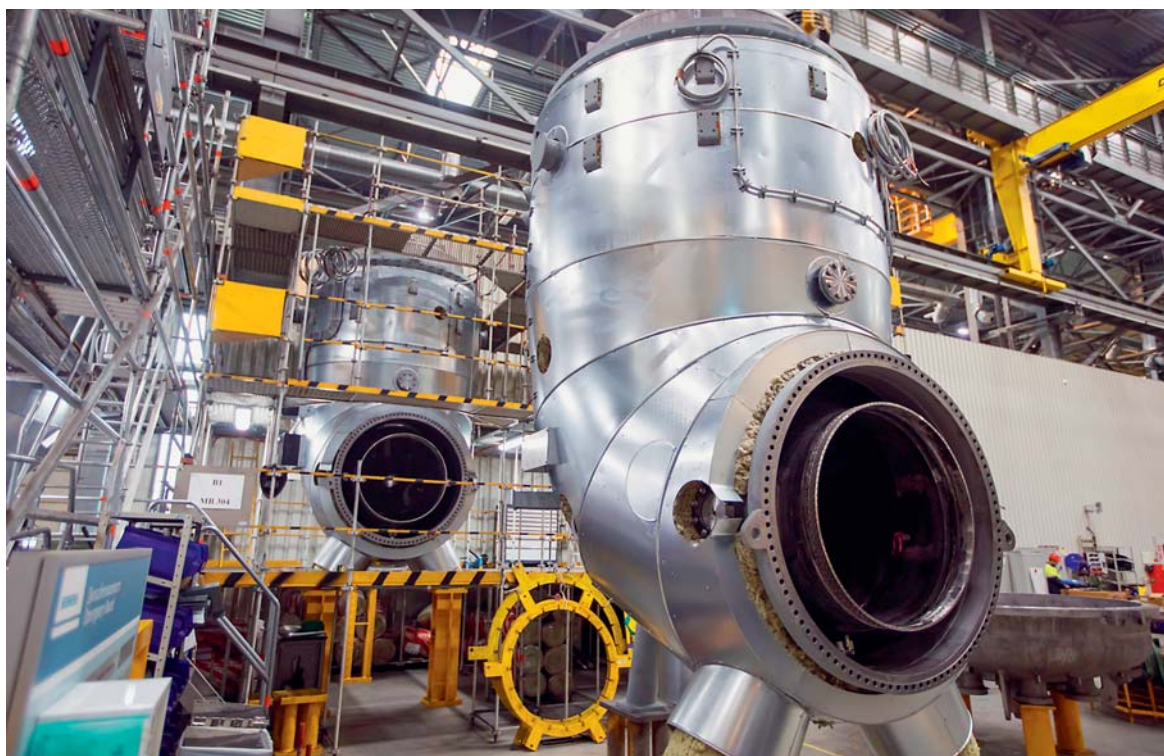
Таким образом, предлагается подтвержденный предыдущим опытом вариант модернизации отечественной энергетики, который обеспечит эффективное покрытие потребностей рынка генерации одновременно с реализацией планов по разработке отечественной турбины.

В ходе разработки мер по полной локализации изготовления SGT5-2000E в СТГТ подго-



Нанесение термо-барьерного покрытия в сервисном центре СТГТ

товлен детальный план необходимых мероприятий, проведен расчет инвестиций, составлена карта отечественных поставщиков, включая изготовителей компонентов горячего тракта. В инициативном порядке началось проведение аудита отечественных предприятий, которые планируется привлечь как производителей заготовок или готовых изделий. Также согласованы и подписаны рамочные соглашения по ряду компонентов – отечественные предприя-



Камера сгорания SGT5-2000E



тия готовы начать изготовление сразу после получения заказа на локальную турбину.

До настоящего момента в России не производились литые заготовки лопаток газовых турбин размерности SGT5-2000E. Существующее производство требует определенной модернизации и дооснащения. СТГТ подтверждает готовность инвестировать в изготовление литейной и стержневой оснастки у поставщика на условиях их окупаемости в заказах. Дополнительно предприятием запланированы инвестиции в собственное производство для организации механической обработки лопаток турбин новейших версий, также при условии получения заказов на локальные турбины SGT5-2000E.

Также как и для других компонентов, департамент инжиниринга СТГТ выпускает адаптированную конструкторскую документацию по узлам камеры сгорания, а также комплект технологической документации, включая описание технологии изготовления и чертежи специальной оснастки, чтобы оперативно начать производство сложных компонентов. Изготовление жаровых труб камер сгорания и крупногабаритных высокотемпературных смесителей уже освоено предприятием.

Как следует из изложенного, уже выполнен значительный объем работ по локализации газовых турбин за счет собственных средств, и в дальнейшем предприятие готово продолжить работу по достижению полной локализации изготовления SGT5-2000E в РФ [7, 8].

#### Использованная литература

1. Лебедев А.С. Локализация производства SGT5-2000E: достижения и перспективы / А.С. Лебедев, А.Ю. Павлов, О.Б. Лесняк [и др.] // Газотурбинные технологии. 2017, № 7.
2. Раабе Х. Локализация сервисных решений ООО «СТГТ» для российского энергетического рынка / Х. Раабе, А.А. Байгин, Д.М. Гамбургер [и др.] // Турбины и Дизели. 2020, № 2.
3. Павлов А.Ю. Цифровые решения «Сименс» для российского энергетического рынка / Турбины и Дизели. 2019, № 5.
4. Павлов А.Ю. Мониторинг эксплуатации генераторов с использованием цифровой платформы GenAdvisor™ / Турбины и Дизели. 2021, № 4.
5. Михайлов Д.М. Газотурбинная установка SGT5-2000E мощностью 187 МВт для программы ДПМ-2 / Д.М. Михайлов, А.Н. Гармидер // Турбины и Дизели. 2018, № 5.
6. Аржакин Н.А. Решения «Сименс» для российского энергетического сектора / Н.А. Аржакин, А.Ю. Павлов, Я.К. Харисов // Газотурбинные технологии. 2019, № 3.
7. Петцольд Н. ООО «СТГТ»: в нескольких шагах от полной локализации газовой турбины большой мощности / Н. Петцольд, А.С. Лебедев, С.В. Костенников [и др.] // Газотурбинные технологии. 2020, № 1.
8. Лебедев А. С. Энергетические газовые турбины в России: проекты и реальность. – Рыбинск: издат. дом «Газотурбинные технологии», 2021. – 240 с.

Производственный  
комплекс СТГТ. Отгрузка  
турбины SGT5-2000E

