



Некоммерческое партнерство  
**«НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ СОВЕТ  
Единой энергетической системы»**



Основана в 1724 году

Российская Академия Наук  
Секция по проблемам надежности и  
безопасности больших систем  
энергетики Научного совета РАН по  
системным исследованиям в энергетике

**УТВЕРЖДАЮ**  
Президент НП «НТС ЕЭС»,  
д.т.н., профессор

**Н. Д. Роголёв**

## **ПРОТОКОЛ**

совместного заседания

Научно-технической коллегии НП «НТС ЕЭС» и Секции по проблемам надёжности и безопасности больших систем энергетики Научного совета РАН по системным исследованиям в энергетике на тему:

**«Локализация производства газовых турбин в России»**

г. Москва

№ 3/17

19 апреля 2017 г.

Присутствовало: 65 чел.

С докладом **«Работа совместного предприятия ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» по локализации производства ГТ в России»** выступил **Н. О. Симин** — руководитель группы департамента инжиниринга ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» (доклад подготовлен под научным руководством д.т.н. **А. С. Лебедева** — технического директора ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин»).

История сотрудничества компаний ПАО «Силловые машины» и Сименс АГ берёт своё начало в 1991 г. с момента создания совместного предприятия Интертурбо, целью которого являлась сборка газотурбинных установок V94.2 мощностью 157 МВт. За последующие 10 лет на Интертурбо были собраны 19 турбоблоков, 5 из которых эксплуатируются в РФ.

С учётом накопленного в ПАО «Силовые машины» производственного и конструкторского опыта в 2001 г. был подписан лицензионный договор с Сименс на право собственного производства и продаж ГТЭ-160 на базе V94.2.

За период с 2001 по 2013 гг. в ПАО «Силовые машины» были изготовлены 35 газотурбинных установок данного типа, 31 из которых были изготовлены для РФ. В декабре 2011 г. были подписаны учредительные документы по созданию нового совместного предприятия ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» (ООО «СТГТ») (65 % — Сименс и 35% — Силовые машины). Целью создания совместного предприятия является производство, продажа, инженерные работы и сервисное обслуживание газовых турбин мощностью более 60 МВт для рынка РФ и СНГ.

С 2012 по 2015 гг. в пос. Горелово Ленинградской области велось строительство современного производственного комплекса по изготовлению газовых турбин большой мощности в России. В июне 2015 г. производственный комплекс был пущен в эксплуатацию. На территории предприятия площадью 38 тыс. м<sup>2</sup> расположен производственный цех площадью 12 тыс. м<sup>2</sup>, где выполняются сварка, механическая обработка компонентов статора и ротора, сборка ротора и ГТУ в целом, а также офисное здание (6,5 тыс. м<sup>2</sup>) и склад (2 тыс. м<sup>2</sup>). Объём собственных инвестиций компании ООО «СТГТ» в строительство завода составляет более 110 млн евро.

Продуктовая линейка компании ООО «СТГТ» включает следующие типоразмеры газотурбинных установок (ГТУ):

- SGT5-2000E (параметры в простом цикле: мощность 187 МВт, КПД 36,2 %, в комбинированном цикле КПД 53,3%);
- SGT5-4000F (параметры в простом цикле: мощность 329 МВт, КПД 40,7 %; в комбинированном цикле КПД 59,7%);
- SGT5-8000H (параметры в простом цикле: мощность 425 МВт, КПД более 40 %; в комбинированном цикле КПД 61,0%).

По состоянию на апрель 2017 г. на заводе ООО «СТГТ» произведены и отгружены заказчикам пять SGT5-2000E. В марте 2017 г. был получен акт экспертизы Торгово-Промышленной палаты Санкт-Петербурга, подтверждающий, что газовая турбина SGT5-2000E является продуктом с локализацией в ООО «СТГТ» более 50 %, изготовленным в РФ и не имеющим аналогов на её территории.

Продолжается работа по квалификации российских поставщиков заготовок компонентов ГТУ, таких как поковки ротора и стальные отливки компонентов корпуса («ОМЗ-Спецсталь»), а также лопаточного аппарата компрессора, выходного котельного диффузора и генераторов (ПАО «Силовые машины»).

Подразделение исполнения проектов осуществляет на объектах строительства и эксплуатации оборудования руководство монтажными и пусконаладочными работами силами российских специалистов (в настоящее время, в основном, на газотурбинных установках SGT5-4000F).

Помимо производства на принципах локализации, ООО «СТГТ» осуществляет собственными силами сервис ГТУ ГТЭ-160/SGT5-2000E и SGT5-

4000F. В составе компании успешно работают департамент сервиса и отдел сервисного инжиниринга, которые отвечают за сопровождение плановых инспекций, выработку технических решений в нештатных ситуациях, планирование и сопровождении модернизаций, выполнение полевого сервиса. Усилиями специалистов департамента сервиса проведены модернизации четырех установок SGT5-4000F, выполнен капитальный ремонт двух ГТУ SGT5-2000E, позволивший продолжить их эксплуатацию на второй ресурс.

В компании в 2016 г. создан Удалённый мониторинговый центр диагностики установленного газотурбинного оборудования (УМЦ), который позволяет в режиме 24/7 проводить непрерывный контроль работы ГТУ с целью экспертного сопровождения эксплуатации оборудования специалистами в режиме реального времени. По состоянию на апрель 2017 г. семь ГТУ подключены к УМЦ.

С апреля 2018 г. намечено начало коммерческой эксплуатации цеха по ремонту и восстановлению турбинных лопаток, что позволит обеспечивать заказчиков компонентами «горячего тракта» поставляемыми из России, но с гарантиями Сименс. Кроме того, уже создан стратегический склад с необходимым объёмом запасных частей газовых турбин, позволяющий незамедлительно обеспечивать эксплуатирующие организации деталями ГТУ с территории РФ.

Инженерно-конструкторский департамент, который работает в составе компании, полностью интегрирован в инженерное сообщество Сименс АГ. Сотрудники департамента проходят долгосрочные стажировки в Германии, участвуют в совместных с Сименс разработках ГТУ новых версий и новых типоразмеров, решают вопросы технического сопровождения собственного производства, а также осуществляют техническую поддержку текущей эксплуатации ГТУ в России.

В сфере НИОКР, а также подготовки специалистов по профильным специальностям, компания сотрудничает с Санкт-Петербургским Государственным Политехническим университетом им. Петра Великого. Специалисты инженерно-конструкторского департамента предоставляют студентам длительные производственные, преддипломные практики и читают курс специализированных лекций в Университете.

В итоге реализуемая программа локализации в ООО «СТГТ» затрагивает все этапы жизненного цикла ГТУ:

- локализация производства: целевой уровень локализации составляет 70 % к 2020 г.;
- локализация инжиниринга: максимальное вовлечение российских специалистов в проекты Сименс;
- локализация сервиса: обслуживание газовых турбин с использованием команды российских специалистов, организация ремонта компонентов горячей части;
- локализация заготовок и комплектующих: квалификация Сименс российских производителей и вовлечение их в цепочку поставщиков по всему миру.

С докладом «**Реинжиниринг деталей горячего тракта ГТД БМ**» выступил **Р. В. Храмин** — генеральный конструктор ПАО «НПО «Сатурн».

*Цель* — разработка конструкторской и технологической документации для изготовления деталей-аналогов по представленному прототипу.

*Задачи:*

- анализ технологических возможностей предприятия с точки зрения изготовления деталей-прототипов;
- подбор оборудования для реинжиниринга;
- освоение проектирования и изготовления деталей-аналогов.

*Перечень деталей турбины для реинжиниринга*

Охлаждаемые лопатки/сектора сопловых аппаратов.

Неохлаждаемые лопатки/сектора сопловых аппаратов.

Охлаждаемые рабочие лопатки ротора турбокомпрессора.

Неохлаждаемые рабочие лопатки ротора турбокомпрессора.

Надроторные вставки.

Теплозащитные экраны.

С точки зрения технологической оснащённости, компетенции и наличия кадрового потенциала ПАО «НПО «Сатурн» имеет все необходимые ресурсы и возможности для изготовления деталей проточной части импортных газотурбинных энергоустановок на базе переданных деталей-прототипов по номинальным размерам.

*Основные проблемы при проектировании деталей на базе прототипов*

1. При проектировании деталей-прототипов возникают проблемы назначения допусков, посадок и расчёта размерных цепей сопрягаемых деталей в отсутствие оригинальной конструкторской документации и достоверных механических и тепловых нагрузок. При ошибочном задании допуска на изготовление детали прототипа в составе газотурбинного двигателя возможно нештатное поведение как самих деталей, так и двигателя в целом, начиная от «заклинивания» и коробления, так и потери основных параметров двигателя — мощности и КПД.

2. Отсутствие возможности проверить собираемость отдельных узлов и деталей без наличия оригинальной технологии сборки приспособлений, ставит под угрозу саму возможность сборки двигателя и создаёт дополнительные риски появления дефектов в эксплуатации.

3. Вопрос установления ресурса деталей в связи с отсутствием результатов тензометрирования и термометрирования, различиями в технологиях литья и механической обработки деталей относительно деталей-прототипов должен решаться путём проведения комплекса автономных испытаний деталей, а также полноценного тензометрирования и термометрирования в составе технологического двигателя.

4. Без проведения полномасштабных исследований и испытаний как отдельных деталей, подлежащих реинжинирингу, так и деталей-прототипов, а также комплекса испытаний в составе технологического двигателя невозможно

установление каких-либо гарантий. Эксплуатация таких деталей возможна только при условии разделения рисков с эксплуатирующей организацией или с учётом разработки отдельного положения по установлению ресурсов с привлечением ведущих отраслевых НИИ.

#### *Выводы*

1. Опыт освоения производства и доводки двигателей ГТД-110М показывает, что даже при наличии лицензионной конструкторской документации, но без необходимых расчётов и исследований, существует высокий риск отказов в эксплуатации. При этом разработка корректирующих действий по устранению дефектов требует значительных финансовых и временных затрат.

2. Опыт работ по ГТД-110 показывает, что необходимо наличие технологического двигателя для проведения специальных испытаний и исследований, отработки технологии изготовления и сборки.

3. В случае приобретения импортного генерирующего оборудования целесообразно установить одним из условий договора передачу лицензионной конструкторской – технологической документации, как минимум, на детали и сборочные единицы, имеющие ограничение по ресурсу и заменяемые при капитальных ремонтах, а также на выполнение сборочных операций в объёме, необходимом для замены деталей.

4. Экспертные оценки показывают, что с точки зрения необходимых финансовых затрат, времени и ресурсов организация реинжиниринга сопоставима с освоением производства новой отечественной газотурбинной установки в сегменте мощности, востребованном энергогенерирующими компаниями.

5. Учитывая значительный опыт, полученный при исследовании двигателей ГТД-110М, целесообразно и далее развивать отечественные компетенции в сфере создания газотурбинных установок большой мощности как для обеспечения энергобезопасности, так и с целью развития смежных отраслей промышленности (металлургии, станкостроения, металлообработки и др.).

С докладом **«Материалы нового поколения и технологии производства полуфабрикатов и деталей из них для ГТУ средней и высокой мощности»** выступил к.т.н. **М. М. Бакрадзе** — заместитель начальника НИО ФГУП «ВИАМ».

ФГУП «ВИАМ» осуществляет комплекс работ по проектированию, изготовлению, вводу в эксплуатацию оборудования с компьютерной системой управления, технологическое и сервисное сопровождение, а также отработку технологий литья.

Промышленные установки УВНК-15, УВНК-10 высокоградиентной направленной кристаллизации с компьютерной системой управления позволяют получать литые крупногабаритные детали горячего тракта ГТУ длиной до 800 мм (в первую очередь лопатки турбин).

Высокоградиентная направленная кристаллизация позволяет получить более мелкодендритную структуру и тем самым снизить микропористость, дендритную ликвацию и повысить термоусталостные характеристики, что позволяет повысить качество получаемых отливок, выход годного до 90 % по



макроструктуре, производительность, обеспечить необходимый уровень механических свойств, надёжности и долговечности деталей и удовлетворить требования, предъявляемые конструкторами ГТУ и ГТД.

Разработанная в ФГУП «ВИАМ» технология поверхностного модифицирования за счёт измельчение зёрен отливок позволила при температурах до  $\sim 870^\circ\text{C}$  существенно повысить сопротивление пера лопаток авиационных двигателей усталостным и термоусталостным напряжениям: пластичность на  $\sim 30\%$ , предел прочности на  $\sim 10\%$ , предел текучести на  $\sim 6\%$ , термостойкость на  $\sim 30\%$ .

Кроме этого ФГУП «ВИАМ» разработал промышленные установки с компьютерной системой управления УВЛ ВИАМ-80, УВЛ ВИАМ 200 для равноосного литья крупногабаритных деталей горячего тракта ГТУ высотой отливок до 750 мм.

Новая установка и разработанная технология равноосного литья позволят получить плотные отливки с регламентированным размером зерна согласно требованиям ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин».

В настоящее время в отечественной промышленности для изготовления турбинных лопаток ГТУ применяются литейные коррозионностойкие жаропрочные никелевые сплавы ЧС-70-ВИ, ЧС88-ВИ, температура эксплуатации которых не превышает  $900^\circ\text{C}$ . Использование лопаток из этих сплавов при более высоких температурах ограничивается снижением жаропрочных свойств (длительной прочности и сопротивления ползучести) этих сплавов. Наиболее остро эта проблема стоит при создании современных ГТУ, для которых необходимы коррозионностойкие жаропрочные материалы с повышенной рабочей температурой. Отсутствие такого класса отечественных сплавов нового поколения и невозможность использования импортных материалов значительно усложняет решение задач по созданию высокоэффективных, мощных и экологически «чистых» ГТУ.

Существенное повышение рабочей температуры перспективных ГТУ может быть достигнуто за счёт применения монокристаллических лопаток из новых коррозионностойких жаропрочных никелевых сплавов, работоспособных к длительной эксплуатации при температурах до  $1000^\circ\text{C}$ , получаемых по технологии высокоградиентной направленной кристаллизации.

В настоящее время ФГУП «ВИАМ» является одним из мировых лидеров в технологии литья монокристаллических турбинных лопаток из никелевых жаропрочных сплавов и имеет богатый опыт в разработке такого класса жаропрочных материалов.

Во ФГУП «ВИАМ» разработана технология производства литейных жаропрочных сплавов, в том числе коррозионностойких для изготовления деталей ГТУ, которая обеспечивает такие показатели материала как стабильность химического состава в максимально узких интервалах легирования; ультранизкое содержание вредных примесей: углерода, серы, газов (кислорода и азота), примесей цветных металлов (свинца, висмута, серебра, теллура, таллия и др.), неметаллических включений; плотное, с минимальным количеством усадочных

дефектов, строение полученных литых прутковых заготовок, их высокий выход годного.

Литейные жаропрочные сплавы, полученные по разработанной во ФГУП «ВИАМ» технологии, по качеству не уступают зарубежным аналогам, производимым ведущими мировыми фирмами «Cannon Muskegon», «Rolls Royce» и др., и находятся на уровне требований мировых стандартов.

Во ФГУП «ВИАМ» разработана также ресурсосберегающая технология, которая позволяет использовать до 100 % отходов литейного и собственного производства, при этом получать сплавы, полностью отвечающие по чистоте и свойствам требованиям действующих технических условий (ТУ) и не уступающие сплавам, изготовленным из первичных шихтовых материалов.

Технология с применением при плавке до 100 % отходов позволяет создать замкнутый цикл возврата дорогих и дефицитных легирующих металлов в производство, обеспечить их экономию и снизить стоимость сплавов на 30 – 50 % без ухудшения качества. Технология защищена патентом РФ.

Разработанные технологии по производству литейных жаропрочных сплавов реализованы на созданном во ФГУП «ВИАМ» производственном участке, оснащённом самым современным плавильным, аналитическим и испытательным оборудованием. На данном участке работают промышленные вакуумные индукционные печи последнего поколения VIM 50 с ёмкостью тигля 350 кг и VIM 150 с ёмкостью тиглей 650 и 1000 кг, изготовленные фирмой ALD (Германия) по техническому заданию (ТЗ) ВИАМ. В настоящее время годовой выпуск готовой продукции в виде шлифованных литых прутковых заготовок диаметром 65 и 90 мм составляет до 100 тонн с перспективой увеличения до 400 т/год.

На данном участке выплавляют как серийные сплавы ЖС6К, ЖС6У, ЖС32, ЖС26, ВЖЛ12У, ВХ4Л, ЖСКС 1, ЖСКС 2 и др., так и сплавы нового поколения ВЖМ4, ВЖМ5, ВКНА-1В, ВКНА-1ВР, ВКНА 25, ВЖМ7, ВЖМ8, ВЖЛ 21, ВИН 3, ВИН 4 и др. Серийное производство сплавов осуществляется по технологическим инструкциям, согласованным с военной приёмкой института. Производство сертифицировано комиссией Межгосударственного Авиационного комитета.

ФГУП «ВИАМ» осуществляет разработку комплексных технологий нанесения покрытий для защиты элементов конструкции горячего тракта газотурбинных двигателей, газотурбинных установок, газоперекачивающих агрегатов. На базе вакуумной плазменной технологии высоких энергий (ВПТВЭ), разработанной ФГУП «ВИАМ», реализуются замкнутые технологические циклы нанесения ионно-плазменных конденсированных, диффузионных и конденсационно-диффузионных покрытий для защиты жаропрочных сплавов от газовой коррозии в области температур 950 – 1150 °С; сульфидно-оксидной коррозии в области температур 750 – 950 °С (эти покрытия сохраняют свою работоспособность при 1150 °С); от эрозии при температурах до 650 °С (для лопаток компрессора, изготовленных из сталей и титановых сплавов); солевой коррозии сталей при температурах до 700 °С. Установками типа МАП,

производимыми ФГУП «ВИАМ», на которых реализуются указанные технологии, сегодня оснащены практически все предприятия газотурбостроения Российской Федерации. С использованием этих установок производятся практически все ГТД, ГТУ и ГПА отечественного производства.

В ФГУП «ВИАМ» разработаны составы многокомпонентных керамических слоев теплозащитных покрытий легированных оксидами РЗМ, которые обладают теплопроводностью  $\lambda \leq 1,6$  Вт/мК и длительно сохраняют структуру и свойства при температурах до 1250 °С.

Для защиты внутренней полости охлаждаемых лопаток при температурах до 1050 °С разработаны технологические процессы диффузионного алитирования, хром-алитирования, кобальт-алитирования.

В мировом газотурбостроении широкое распространение получили комплексные теплозащитные (тепlobарьерные) покрытия с керамическим поверхностным слоем. Зарубежные компании, производящие элементы горячего тракта энергетических турбин в основном используют атмосферно-плазменные керамические покрытия.

В конструкторской документации на украинские энергетические установки серий ДГ, ДН производства НПКГ «Зоря-машпроект» предусмотрено нанесение электронно-лучевых покрытий на рабочие лопатки турбины. Эти покрытия аналогичны тем, которые используются в конструкции авиационных ГТД.

Важнейшим недостатком обоих методов является то, что в Российской Федерации не производится оборудование для электронно-лучевого нанесения покрытий, а роботизированные комплексы атмосферно-плазменного нанесения покрытий, производимые в нашей стране, изготавливаются методом «крупноузловой сборки» на базе промышленных роботов зарубежного производства. Указанные трудности производства отечественного оборудования и ограничения на ввоз высококачественных расходных материалов и полуфабрикатов нового поколения (порошков для атмосферно-плазменного напыления и керамических штабиков для электронно-лучевого напыления), введённые со стороны США, ЕС и Украины существенно ограничивают технологическую независимость Российской Федерации.

С целью снижения зависимости отечественных предприятий газотурбостроения от поставок зарубежного оборудования и расходных материалов для нанесения керамических слоев теплозащитных покрытий (ТЗП) на охлаждаемые лопатки в ФГУП «ВИАМ» разработан новый технологический процесс магнетронного плазмохимического среднечастотного напыления, а также принципиально новое опытно-промышленное оборудование для его осуществления — установки серии УОКС. Разработаны новые керамические слои покрытий на основе оксидов редкоземельных металлов, имеющих более чем в два раза низкую теплопроводность, чем покрытия на основе традиционно применяемого стабилизированного диоксида циркония. Новая технология опирается на более простое низковольтное оборудование, что позволяет снизить в 10 – 15 раз энергозатраты при производстве таких покрытий. В ФГУП «ВИАМ»



освоено производство расходных материалов — многокомпонентных металлических мишеней.

Все этапы технологического процесса реализуются с использованием отечественных материалов и оборудования.

ФГУП «ВИАМ» осуществляет разработку, производство и поставку автоматизированных комплексов нанесения защитных и теплозащитных покрытий типа МАП.

Ключевую роль в совершенствовании технологического процесса изготовления деталей сложных технических систем играют цифровые и аддитивные технологии, которые позволяют создавать детали высокого качества с наименьшими затратами посредством прямого синтеза («добавления») материала, которые невозможно изготовить традиционными, «вычитающими» технологиями: литьём, механообработкой и т. д.

Именно применение аддитивных технологий позволяет в полной мере реализовать основные принципы создания материалов нового поколения, заложенные в Стратегических направлениях развития материалов и технологий на период до 2030 г.

В ФГУП «ВИАМ» разработаны технологии и организовано серийное производство высококачественных порошков припоев и порошковых композиций для аддитивных технологий отечественных сплавов (свыше 25 марок) с выпуском полного комплекта нормативной документации. Это позволило создать аддитивное производство полного цикла: разработка порошковых композиций, 3D-моделей, конструирование поддержек, отработка технологии синтеза (мощность лазера, стратегия лазерного сканирования, скорость и шаг сканирования) с последующими термообработкой и горячим изостатическим прессованием деталей ответственного назначения. Впервые в России для АО «Авиадвигатель» изготовлена по аддитивной технологии «боевая» деталь перспективного авиационного двигателя ПД-14 (завихритель фронтального устройства камеры сгорания) в полном объеме отвечающая требованиям конструкторской документации. Двигатель ПД-14, в составе камеры сгорания которого установлены эти детали, проходит летные испытания. ФГУП «ВИАМ» серийно поставляет детали «завихритель» в АО «Авиадвигатель».

Кроме того, ФГУП «ВИАМ» совместно с ПАО «НПО «Сатурн» планируются работы, направленные на импортозамещение зарубежных порошков и создание технологии изготовления отечественных металлопорошковых композиций сплава CoCrMo и нержавеющей стали, опробованию технологии селективного лазерного синтеза и квалификации полученного синтезированного материала для применения в перспективных авиационных ГТД.

#### **Совместное заседание отмечает**

1. Положительный опыт сотрудничества Сименс АГ с ПАО «Силловые машины» с момента создания в 1991 г. совместного предприятия «Интертурбо», где было собрано более 50 газотурбинных установок (ГТУ) как V94.2 мощностью 157 МВт каждая (5 для рынка РФ), так и ГТЭ-160 по лицензии Сименс (31— для рынка РФ). Это служит хорошей предпосылкой для дальнейшего развития

процесса передачи газотурбинных технологий и их внедрения в Российскую энергетику.

2. Позитивный эффект от создания в 2011 г. совместного предприятия ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» (ООО «СТГТ») (65 % — Сименс и 35 % — Силовые Машины) с целью производства, выполнения пуско-наладочных работ и сервисного обслуживания газовых турбин мощностью более 60 МВт для рынка РФ и СНГ. Запуск в 2015 г. в Ленинградской области современного производственного комплекса по изготовлению газовых турбин большой мощности позволяет выполнять на заводе все основные операции: сварку, механическую обработку компонентов статора и ротора, сборку ротора и ГТУ в целом. Объём собственных инвестиций ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» в строительство завода составляет более 110 млн евро.

3. Современный уровень продуктовой линейки ООО «СТГТ» включает следующие три типоразмера ГТУ:

- SGT5-2000E (параметры в простом цикле: мощность 187 МВт, КПД 36,2 %, в комбинированном цикле КПД 53,3 %);
- SGT5-4000F (параметры в простом цикле: мощность 329 МВт, КПД 40,7 %, в комбинированном цикле КПД 59,7 %);
- SGT5-8000H (параметры в простом цикле: мощность 425 МВт, КПД более 40 %, в комбинированном цикле КПД 61%).

4. Совместное заседание принимает во внимание то, что в 2017 г. был получен акт экспертизы Торгово-Промышленной палаты Санкт-Петербурга, подтверждающий, что ГТУ SGT5-2000E является продуктом с локализацией в ООО «СТГТ» более 50 %, изготовленным в РФ и не имеющим аналогов на её территории.

5. Совместное заседание одобряет работу ООО «СТГТ» по квалификации Российских поставщиков заготовок компонентов ГТУ, таких как поковки ротора и стальные отливки компонентов корпуса («ОМЗ-Спецсталь»), а также лопаточного аппарата компрессора, выходного котельного диффузора и генераторов (ПАО «Силовые Машины»).

6. Совместное заседание рекомендует накапливать опыт и в большей степени использовать российских специалистов на объектах строительства и эксплуатации оборудования, а также для руководства монтажными и пусконаладочными работами при выполнении сервисных работ на ГТУ SGT5-2000E и SGT5-4000F.

7. Успешными следует считать результаты модернизации специалистами ООО «СТГТ» четырёх установок SGT5-4000F, а также итоги капитального ремонта двух ГТУ SGT5-2000E, позволившие продолжить их эксплуатацию на второй ресурс. Актуальным является создание в компании в 2016 г. удалённого мониторингового центра диагностики установленного газотурбинного оборудования, который позволяет в режиме 24/7 проводить непрерывный контроль работы ГТУ.

### **В дискуссии выступили**

Академик РАН **О. Н. Фаворский**, академик РАН **С. П. Филиппов**, академик РАН **А. А. Саркисов**, член-корр. РАН **Г. Г. Ольховский**, **Е. А. Гетманов** — председатель подсекции тепломеханического оборудования НП «НТС ЕЭС», д.т.н. **Е. О. Адамов** — научный руководитель АО «НИКИЭТ им. Н.А. Доллежала», **В. Е. Михайлов** — генеральный директор ОАО «НПО ЦКТИ», к.э.н. **В. А. Джангиров** — заместитель председателя комитета Торгово-промышленной палаты РФ по энергетической стратегии и развитию ТЭК, к.ф.-м.н. **В. В. Таратуни** — руководитель отдела ВНИИАЭС, д.т.н. **В. Д. Ковалёв** — президент международной Ассоциации производителей высоковольтного электротехнического оборудования «ТРАВЭК», д.т.н. **В. Л. Полищук** — главный научный сотрудник ИНЭИ РАН.

### **Совместное заседание решило**

1. Реализуемая ООО «Сименс Технологии Газовых Турбин» (ООО «СТГТ») программа локализации газовых турбин в России имеет важнейшее значение для отечественного энергетического машиностроения, поскольку затрагивает локализацию всех основных этапов жизненного цикла ГТУ:

- собственного производства: целевой уровень 70 % к 2020 г. и 100 % к 2025 г.;
- инжиниринга: полное вовлечение российских специалистов в проекты ООО «СТГТ»;
- сервиса: использование команды российских специалистов, организация ремонта компонентов «горячей части», удалённый мониторинговый центр, плановая модернизация турбин;
- заготовок и комплектующих: квалификация российских производителей и вовлечение их в цепочку поставщиков Сименс по всему миру.

2. Рекомендовать уделить особое внимание реализации ООО «СТГТ» в 2018 г. планам ремонта и восстановления турбинных лопаток, что позволит обеспечивать заказчиков компонентами «горячего тракта», поставляемыми из России, но с гарантиями Сименс. Это позволит дополнить уже созданный стратегический склад с необходимым объёмом запасных частей газовых турбин, позволяющий обеспечивать эксплуатирующие организации деталями ГТУ для различных видов инспекций и ремонтов.

3. Рекомендовать ООО «СТГТ», кроме участия в совместных с Сименс разработках ГТУ и решения вопросов технического сопровождения собственного производства, шире искать пути сотрудничества с российскими профильными университетами и отраслевыми научными организациями в сфере НИОКР.

4. Рекомендовать ПАО «Силовые машины» поставить перед Сименс вопрос об обеспечении полной локализации производства в России всех компонентов горячего тракта ГТУ и цикловых компрессоров, а также средств автоматизации и управления ГТУ. При необходимости внести соответствующие изменения в лицензионное соглашение о создании ООО «СТГТ».

Для решения данной задачи рекомендовать отечественным предприятиям наладить выпуск соответствующей продукции требуемого качества, обеспечить её

сертификацию с целью получения статуса официального поставщика компании Сименс и включиться в технологические цепочки Сименс. Это создаст взаимовыгодные условия сотрудничества отечественных производителей с компанией Сименс, обеспечит производство в стране высокотехнологичных компонентов ГТУ в объёмах, полностью обеспечивающих внедрение потребности и крупномасштабные экспортные поставки.

Рекомендовать ООО «СТГТ» оценить потребный объём заказа турбин с возможной поставкой в страны СНГ, при котором данное мероприятие будет экономически выгодным.

5. Рекомендовать ФГУП «ВИАМ» для локализации производства газовых турбин в России выполнить следующие работы:

- в рамках научно-технического сопровождения провести разработку и освоение эффективных технологий получения заготовок для деталей ГТ из высокожаропрочных труднодеформируемых никелевых сплавов для локализации их производства в России;
- провести исследования и отработать технологии литья лопаток турбин из труднодеформированных сплавов и сталей для деталей ГТ в условиях производств ФГУП «ВИАМ»;
- поставить плавно-заливочные установки для направленной кристаллизации и равноосного литья на базовое совместное предприятие ООО «СТГТ» для локализации производства газовых турбин в России, а также отработать технологии литья лопаток турбин;
- создать научно-технический задел в области коррозионностойких жаропрочных материалов для турбинных лопаток и технологий литья для перспективных ГТУ: рабочих монокристаллических лопаток.

6. Считать недостаточным утверждённый Минпроторгом России и Минэнерго России (протокол Минпромторга России от 22.05.2015 № 53-НГ/05) следующий типоразмерный ряд энергетических ГТУ:

- малой мощности: 2, 4, 10, 16, 25, 32, 40 МВт;
- большой мощности: 65 (60 – 80), 110 (100 – 130), 160 (150 – 180) МВт.

7. Учитывая масштабный вывод на ПГУ паровых энергоблоков 300, 800 и 1200 МВт, работающих на природном газе, и вывод из эксплуатации газовых турбин большой мощности (до 300 МВт), необходимо приступить к созданию отечественной ГТУ мощностью 450 – 500 МВт силами специалистов авиадвигателей и энергомашиностроения, сохранившими необходимые компетенции и оборудование. Такой научно-технический проект станет одной из наиболее эффективных инноваций, способствующих развитию сложных областей науки и техники в России.

8. Рекомендовать Минэнерго России и Минпромторгу России:

- пересмотреть прогноз потребностей в газотурбинном оборудовании большой мощности на период до 2035 г.;
- на основе уточнённой потребности в газотурбинном оборудовании большой мощности на период до 2035 г. разработать программу создания газовых



турбин большой мощности и организовать её выполнение в форме национального проекта.

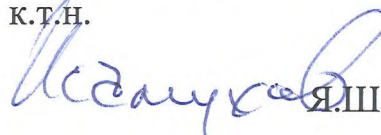
9. Необходима типизация всех этапов строительства новых и модернизации существующих ТЭС. Разработка типовых решений и их широкое распространение при изготовлении, монтаже, наладке и эксплуатации энергетического оборудования позволят существенно снизить их стоимость, повысить качество работ, сократить сроки сооружения и увеличить число новых объектов. Спецификации на используемое в проектах оборудование должны предусматривать максимальную степень заводской готовности, возможность его установки на объекте крупными, налаженными на заводе блоками и ввода в действие без ревизии на площадке. В типовых проектах должны использоваться наилучшие технические решения и оборудование. Разрабатываемые типовые проекты должны учитывать возможность использования в них основного и вспомогательного оборудования различных поставщиков, отвечающего требованиям единых спецификаций.

Первый заместитель Председателя  
Научно-технической коллегии  
НП «НТС ЕЭС»,  
д.т.н., профессор



В.В. Молодюк

Учёный секретарь  
Научно-технической коллегии  
НП «НТС ЕЭС»,  
к.т.н.



Я.И. Исамухамедов

Учёный секретарь Секции по проблемам  
надёжности и безопасности больших  
систем энергетики Научного совета РАН  
по системным исследованиям в  
энергетике, заведующий отделением  
ОАО «Энергетический институт им. Г.М.  
Кржижановского», д.т.н., академик АЭН



В.А. Баринов