

ОПЫТ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ НА АО «МЕТАЛЛИСТ-САМАРА»

УДК 621.438

В.В. Настека, ПАО «Газпром»
(Санкт-Петербург, РФ)

В.В. Вавилов, ПАО «Газпром»

Ю.С. Елисеев, д. т. н., АО «Металлист-Самара» (Самара, РФ)

Д.Г. Федорченко, к. т. н., АО «Металлист-Самара»

Ю.И. Цыбизов, д. т. н., АО «Металлист-Самара»,
metallist@metallist-s.ru

В статье рассматриваются особенности реализации программы импортозамещения при выполнении ремонтно-восстановительного цикла камеры сгорания (КС) ГТУ SGT-600. Проанализирован ряд проблемных вопросов, сопутствующих реализации указанной программы, и намечены пути их решения. В целях снижения импортозависимости предлагаются модернизация исходной КС и внедрение апробированной в эксплуатации малоэмиссионной системы горения на основании обобщения отечественного опыта работы по обеспечению экологической безопасности. Представлен конструктивный облик модернизированной малоэмиссионной КС ГТУ SGT-600.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЕ, ИМПОРТОЗАВИСИМОСТЬ, КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ, РЕМОНТНО-ВОССТАВОВИТЕЛЬНЫЙ ЦИКЛ, КАЧЕСТВО ПРОДУКЦИИ, КАМЕРА СГОРАНИЯ, ГОРЕЛКА, ЭМИССИЯ, ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ.

По сложившейся традиции взаимодействия авиационно-космических предприятий АО «Металлист-Самара» имеет многолетний опыт серийного изготовления КС для ракетных двигателей, авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) стратегической авиации и газотурбинных установок (ГТУ) наземного применения, используемых для привода нагнетателя в газоперекачивающих аппаратах (ГПА) и электрогенератора в блочно-модульных электростанциях.

В Перечне приоритетных научно-технических проблем ПАО «Газпром» на 2011–2020 гг. п. 5.5 «Технологии, обеспечивающие повышение эффективности магистрального транспорта газа, диверсификацию способов поставок газа потребителям» способом снижения импортозависимости названа локализация производства и ремонта запасных частей и комплектующих на российских предприятиях.

Одним из примеров подобной локализации служит реализуемая в настоящее время АО «Металлист-Самара» программа, включающая на начальном этапе ре-

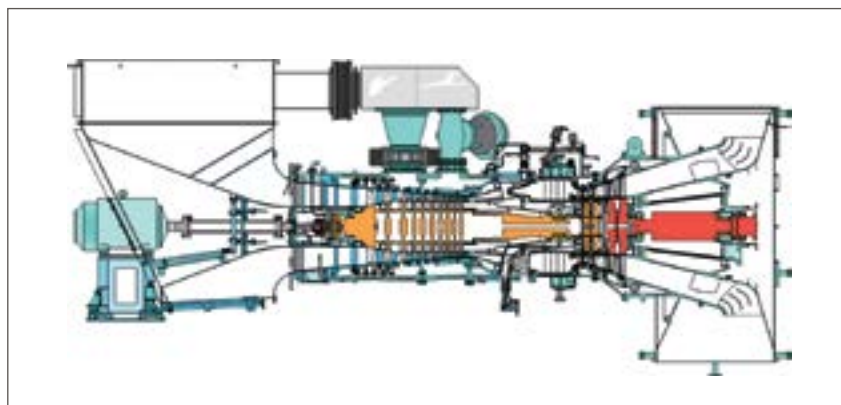


Рис. 1. Двигатель SGT-600

монтно-восстановительный цикл и впоследствии полномасштабное изготовление КС двигателей SGT-(600) (рис. 1), разработанных фирмой Siemens – одной из крупнейших современных технологических компаний мира, имеющей более чем 160-летний опыт работы в России. ГТУ SGT-600 используется в качестве силового привода в составе ГПА «Балтика-25» на компрессорных станциях «Ухтинская» и «Вуктыльская» ПАО «Газпром» [1].

На сегодняшний день выпущена предварительно согласованная

с компанией Siemens конструкторская и технологическая документация с использованием российских стандартов и материалов. Также изготовлены 72 комплекта элементов КС для использования при капитальных ремонтах ГТУ GT-10A и один комплект КС для ГТУ SGT-600 (рис. 2). Дирекцией по ремонтной генподрядной деятельности ООО «Газпром центрремонт» утвержден график ремонта и изготовления КС двигателя SGT-600. Разработаны и согласованы с ООО «Газпром центрремонт» технические условия на



Рис. 2. Общий вид КС ГТУ SGT-600

ремонт, ремонтная документация и «Программа и методика эксплуатационных испытаний камеры сгорания ГТУ SGT-600, прошедшей восстановительный ремонт на АО «Металлист-Самара» (ИЗДЕЛИЕ 4818 539-2)». С конструкторским сопровождением ООО «Газпром центрремонт» проводится ремонт трех КС. Выполнен монтаж первого восстановленного комплекта КС № 2409 539-У пр. № 4570016661 на двигатель SGT-600 и начата его эксплуатация на компрессорной станции «Вуктыльская» ООО «Газпром трансгаз Ухта».

Разработанная технология ремонта КС включает следующие основные этапы:

- дефектацию КС;
- очистку КС от нагаров и загрязнений топливоподводящих каналов;
- замену теплозащитного покрытия (ТЗП);
- замену и ремонт дефектных мест;
- проведение испытаний по проверке качества ремонта.

Дефектация КС включает:

- визуальный внешний осмотр при помощи лупы с 4-кратным увеличением;
- обмеры элементов КС по основным параметрам, указанным в конструкторской документации на изготовление;
- рентген и ЛЮМ-контроль (Ц2) всех сварных швов и наружной поверхности КС;
- продувку воздухом топливной части всех 18 горелок на стенде предприятия – ИУ.427.00.00.00 с контролем расхода (очищенный и осушенный воздух продувается через три канала горелок);



Рис. 3. Разрушение резьбы патрубка подвода топлива



Рис. 4. Разрушение колец жаровой трубы (обнаружено на одной из трех КС)

- определение химического состава материала всех деталей КС в лаборатории предприятия.

Основными дефектами по результатам дефектации трех КС считаются:

- разрушение резьбы патрубка подвода топлива (рис. 3) (обнаружено на двух из трех КС, предположительно разрушение резьбы патрубка подвода топлива происходит при демонтаже КС);
- разрушение колец жаровой трубы (рис. 4);
- течь воздуха (газа) через стык между форсункой 2407 900 и фланцем передним 2407 338-1 (обнаружено на всех трех КС);
- наклеп на поверхностях сопрягаемых деталей 2407 978-1, 2407 356-1, 2405 943-1, 2405 925-1, 2405 299 (обнаружено на всех трех КС);
- линейное и угловое отклонение осей фланцев относительно номинальных положений (выявлено при проведении обмеров элементов КС по размерам, указанным в конструкторской документации).

Трещин и нарушений термобарьерного покрытия жаровой трубы обнаружено не было. Очистка КС от нагаров и загрязнений то-

пливоподводящих каналов проводилась традиционным способом, апробированном при ремонтах авиационных и промышленных ГТД семейства «НК»: НК-12, НК-25, НК-32, НК-12СТ, НК-14СТ, НК-14СТ-10, НК-16СТ, НК-16СТ-18, НК-18СТ, НК-36СТ, НК-37.

Замена ТЗП включает следующие основные операции:

- разрезку КС в приспособлении по месту отсутствия ТЗП;
- снятие исходного ТЗП;
- установку протектора для защиты от сварки внутренних полостей КС;
- нанесение нового ТЗП по технологии АО «Металлист-Самара»;
- сварку КС в приспособлении;
- контроль качества нанесения ТЗП (проводится по технологии Siemens).

Схема разрезки и последующей сварки КС представлена на рис. 5.

Для ремонта и замены дефектных мест был разработан ряд специальных технологий. Основные элементы технологии ремонта по дефекту «разрушение резьбы на фланцах патрубков впуска топлива» (рис. 3) показаны на рис. 6. Фланец с разрушенной резьбой

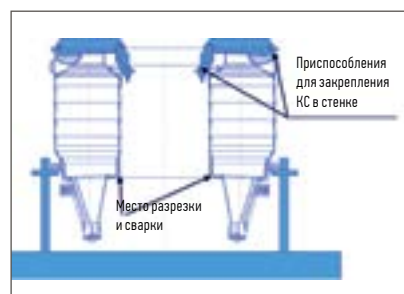


Рис. 5. Схема разрезки и последующей сварки КС

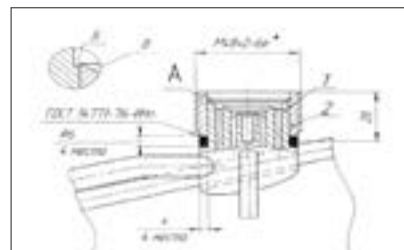


Рис. 6. Схема ремонта фланцев патрубков впуска топлива:
1 – исходный патрубок подачи топлива;
2 – резьбовая втулка

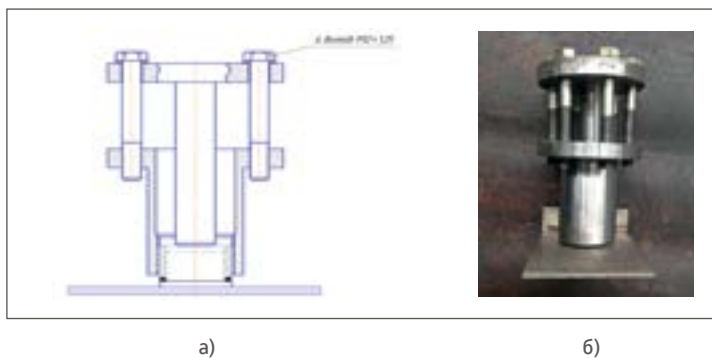


Рис. 7. Приспособление для проверки прочности ремонтного фланца подвода топлива:

а) схема нагружения; б) вид приспособления

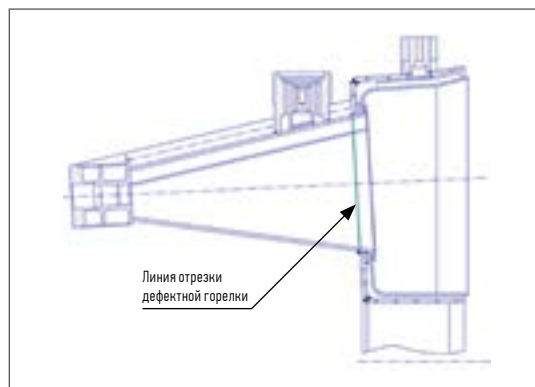


Рис. 8. Схема ремонта горелки

срезался, затем с натягом 0,03–0,05 мм надевалась резьбовая втулка с обваркой кругом.

Прочность сварочного шва проверялась расчетами и экспериментальной нагрузкой, превышающей эксплуатационную в специальном приспособлении (рис. 7). Результаты расчетов и испытаний приведены в таблице.

Расчетный запас прочности сварочного шва $K = 3,99...1,67$ (в зависимости от смазки резьбы при затяжке) был подтвержден экспериментально.

Осуществляемая при ремонте замена дефектных горелок (рис. 8) включала:

- отрезку дефектной горелки;
- изготовление новой горелки с фланцем;
- проверку пропускной способности новой горелки;
- доработку корпуса КС;
- постановку новой горелки на болты с контровками.

Также были проработаны вопросы локализации производства ГТУ SGT-600, предусматривающие изготовление:

- компрессора и турбины;

- корпусов компрессора и турбины;
- ротора компрессора;
- КС;
- дисков турбины;
- выходного устройства.

Сборку двигателя, его статочные испытания, а также изготовление деталей сборочных единиц (ДСЕ) предполагается осуществлять в кооперации с ПАО «Кузнецов».

В ходе реализации программы импортозамещения приходится решать ряд сопутствующих вопросов, таких как:

- отсутствие крупного заказа на ремонтно-восстановительный цикл, малый тираж и небольшой срок действия заказа на изготавливаемую продукцию, что сдерживает широкое внедрение новых перспективных технологических процессов;
- необходимость сопровождения ремонтной продукции на протяжении всего жизненного цикла;
- снижение конкурентоспособности ремонтной продукции в течение жизненного цикла;
- недостаточная информация о термодинамических параметрах

основных узлов и о характеристиках двигателя, что затрудняет воспроизведение рабочего процесса, расчетные оценки нагрузок, теплового состояния и т. д.;

- недостаточная информация о дефектах, аварийных ситуациях и особенностях эксплуатации.

Решение указанных проблем затрагивает как научно-исследовательскую и кадровую базы предприятия, так и вопросы специальной технологической подготовки производства. В связи с этим АО «Металлист-Самара» поддерживает тесное сотрудничество с Самарским национальным исследовательским университетом им. академика С.П. Королева, ориентированным на развитие научно-образовательного направления в интересах высокотехнологичных секторов экономики.

Импортозамещение связано с инновациями, направленными на внедрение передовых научных разработок в выпускаемый продукт. В связи с этим на предприятии предусматриваются разработка и внедрение на двигатель SGT-600 мало-

Результаты расчета прочности ремонтного фланца

Материал имитатора штуцера	Материал втулки	Тип сварки	Мкл _{макс'} Н × М	Выдержка при Мкл _{макс'} ч	Примечание
12Х18Н10Т	ВХ4А	РДС, электрод ТЦ-28, без подогрева	150	1	Без разрушения
			100	72	
		РДС, электрод ТЦ-28, с подогревом $t = 250\text{ }^{\circ}\text{C}$	100	1	
	12Х18Н10Т	АРДС, проволока диаметром 1,6 мм. Св 06Х15Н60М15	100	16	

АО «МЕТАЛЛИСТ – САМАРА»



В НЕБЕСАХ И В КОСМОСЕ

Производство камер сгорания жидкостных ракетных двигателей для ракет-носителей «Зенит», «Атлас-5», «Ангара».

Производство узлов авиационных газотурбинных двигателей.

Производство металлических звукопоглощающих конструкций для авиационных двигателей.



НА ЗЕМЛЕ

Производство узлов наземных газотурбинных установок.

Ремонт камер сгорания для газоперекачивающих станций.



НА МОРЕ

Ремонт агрегатов корабельных энергетических установок с газотурбинными двигателями.



Исполнительный директор
АО «Металлист-Самара»
Ю.С.Елисеев:

«АО «Металлист-Самара» постоянно расширяется и модернизируется, принимает участие в перспективных разработках и программах различных отраслей промышленности. Мы оперативно осваиваем новые направления, такие как производство продукции гражданского назначения для предприятий «Газпрома» и других российских компаний».

Самара,
ул. Промышленности, 278
Тел. +7 (846) 246-90-40,
246-91-00
metallist@metallist-s.ru

www.metallist-s.ru



МЕТАЛЛИСТ
САМАРА

Гаврилов-ямский машиностроительный завод «АГАТ» – стратегический партнер АО «Металлист-Самара».

Современное высокотехнологичное предприятие, основная специализация которого – производство и ремонт топливотрегулирующей аппаратуры авиационных двигателей, как военных, так и гражданских самолетов: СУ-27, СУ-34, ТУ-160, ИЛ-86.

Предприятие серийно выпускает агрегаты для наземных газотурбинных установок на базе двигателей: ПС-90, НК-16; НК-82У; АЛ-31СТ. Основные потребители агрегатов – это изготовители ГТА и ГТУ: АО «ОДК-Пермские моторы», ПАО «УМПО», АО «КМПО», а также газотранспортные предприятия.

В 2016 году предприятие включилось в программу импортозамещения морских газотурбинных двигателей. По заданию Рыбинского НПО «Сатурн» было освоено производство целой группы агрегатов для ГТА М90ФР, который планируется устанавливать на морские корабли ВМФ России: многоцелевые фрегаты дальней морской зоны, корветы, эскадренные миноносцы, сторожевые корабли.



Ярославская область
Гаврилов-Ям, пр. Машиностроителей, 1
Тел. +7 (48534) 2-32-64
agat@gmzagat.ru

www.gmzagat.ru

эмиссионной системы горения, отвечающей перспективным требованиям экологической безопасности. Задача разработки сформулирована как обеспечение требований научно-технической политики ПАО «Газпром», согласно которой должны быть гарантированы перспективные экологические характеристики 2020 г. (эмиссия NO_x до 25 мг/м^3 и CO до 100 мг/м^3). В настоящее время эмиссия в ходе эксплуатации ГПА «Балтика-25» составляет: $\text{NO}_x = 75 \text{ мг/м}^3$ и $\text{CO} = 115 \text{ мг/м}^3$.

В вопросах достижения экологической безопасности и надежности наиболее приемлемым является опыт отработки малоэмиссионного горения на ГТУ семейства НК, серийным изготовителем которых стало АО «Металлист-Самара» [2]. Обобщение опыта эксплуатации малоэмиссионной системы горения, включающей, в первую очередь, малоэмиссионную камеру сгорания (МКС), выполнено по результатам эксплуатации двигателей НК-38СТ, НК-37, НК-36СТ. В настоящее время накоплены статистические данные по экологическим параметрам: более 200 измерений в диапазоне температур окружающей среды от -30 до $30 \text{ }^\circ\text{C}$.

Наработка двигателя НК-37 (Лидская ТЭЦ, Республика Беларусь) превышает 21 тыс. ч, что подтверждает надежность конструкции КС и хорошие эксплуатационные характеристики и параметры двигателя с МКС.

Основные результаты, достигнутые в ходе эксплуатации МКС, следующие.

1. Подтверждена и апробирована возможность снижения выбросов $\text{NO}_x < 30 \text{ мг/м}^3$ и $\text{CO} < 100 \text{ мг/м}^3$ в конвертированных ГТД с высокими параметрами термодинамического цикла ($\text{пк} = 25$, $T_k > 800 \text{ K}$) при использо-

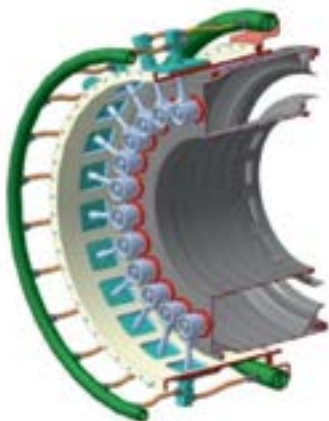


Рис. 9. Модернизированная МКС ГТУ SGT-600

вании компактных кольцевых КС традиционной схемы с внедрением унифицированных двухконтурных горелок.

2. Снижение выброса NO_x до 10–15 ppm достигнуто за счет конструктивных мероприятий, обеспечивших высокую эффективность перемешивания «бедной» смеси при оптимальном взаимодействии дежурной и основной зон, внедрения каскадного подключения горелок, автоматизированной подачи топлива по контурам (АСУ КС) с помощью трех дистанционно управляемых систем подачи топлива (ДУС) и применения «толстого» ТЗП до 600 мкм, впервые освоенного и реализованного для покрытия жаровых трактов на АО «Металлист-Самара».

3. Устойчивое горение предварительно подготовленной «бедной» хорошо перемешанной смеси обуславливает:

- высокую равномерность температурного и скоростного поля на выходе из КС;
- повышение эффективного КПД двигателя за счет однородности потока на входе в турбину.

При проектировании малоэмиссионной системы горения ГТУ SGT-600 был произведен термодинамический расчет и

определены параметры исходной КС; разработана математическая 3D-модель КС. На суперкомпьютере «Сергей Королев» Самарского национального исследовательского университета был выполнен расчет рабочего процесса горения и определены экологические характеристики штатной КС, показавшие значительное влияние на уровень эмиссии дозировки расхода топлива в дежурную (пилотную) и основную зоны горения. На основании полученных расчетных параметров исходной КС был разработан конструктивный облик модернизированной МКС (рис. 9).

Конструкция МКС для ГТУ SGT-600 включает:

- съемные двухконтурные унифицированные горелки (24 шт.);
- исходную (базовую) кольцевую жаровую трубу;
- трехколлекторный подвод топлива с автоматизированной системой управления подачи и системой автоматического поддержания оптимальной температуры в зоне горения (дежурный контур на всех 24 горелках работает постоянно, а основное топливо подается в 12 горелок на режимах прогрева и в 24 горелки – на номинальном режиме);
- «толстое» (600 мкм) ТЗП жаровой трубы;
- систему перепуска воздуха КС (регулирование расхода воздуха через горелку).

В ходе исследований была разработана программа автоматической системы регулирования подачи топлива модернизированной МКС. В результате экспериментально-расчетной оценки близкой по параметрам рабочего процесса системы-аналога ожидается получить эмиссионные характеристики проектируемой МКС, удовлетворяющие требованиям ПАО «Газпром» по экологической безопасности 2020 г. ■

ЛИТЕРАТУРА

1. Цыбизов Ю.И., Елисеев Ю.С., Федорченко Д.Г. Реализация программы импортозамещения на ОАО «Металлист-Самара» // Тезисы докладов на Междунар. науч.-техн. конф. «Авиадвигатель XXI века». М.: ЦИАМ им. П.И. Баранова, 2015. С. 462–463.
2. Бантиков Ю.Д., Елисеев Ю.С., Лавров В.Н. и др. Результаты опытной эксплуатации малоэмиссионной системы горения в составе двигателя НК-37 // Вестник СГАУ. 2013. № 3 (41). Ч. 2. С. 9–13.