

КОНЦЕПЦИЯ РЕИНЖИНИРИНГА ДЕТАЛЕЙ ГТУ В УСЛОВИЯХ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ

А. А. Филатов¹, В. В. НАСТЕКА¹, Н. К. КРИОНИ², А. М. Смыслов²

¹Al.Filatov@adm.gazprom.ru, ¹V. Nasteka@adm.gazprom.ru, ²krioni@mail.rb.ru, ²smyslovam@yandex.ru

¹ПАО «Газпром», ²ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 15.07.2016

Аннотация. Вопросы обеспечения импортозамещения нефтегазовой отрасли как одной из наиболее важных областей экономики России являются весьма актуальными. К основным деталям, определяющим работоспособность, надежность и ресурс газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов, относятся лопатки турбины. Для использования технологий производства деталей авиационного ГТД в установках наземного базирования необходимо создание научно обоснованной методологии применения имеющегося производственного опыта, результатов промышленных испытаний и серийной эксплуатации существующих авиационных ГТД.

Ключевые слова: импортозамещение и импортозависимость; газотурбинные приводы; надежность и ресурс; трансформация эксплуатационных характеристик.

В последние годы импортозамещение и импортозависимость становится одной из самых обсуждаемых тем. Вопросы обеспечения импортозамещения, особенно на ключевых направлениях развития экономики, в связи с современными геополитическими условиями обострения внешнеполитической и внешнеэкономической обстановки являются весьма актуальными. Это положение было отмечено президентом России В. В. Путиным, который заявил: «Уверен, что за счет модернизации промышленности, строительства новых предприятий, локализации конкурентного производства в России мы сможем... существенно сократить импорт по многим позициям, вернуть собственный рынок национальным производителям... Считаю необходимым в короткие сроки проанализировать возможности конкурентного импортозамещения в промышленности» [1].

Одной из наиболее важных областей экономики России является нефтегазовая отрасль. Импортозависимость нефтегазовой отрасли значительна, поскольку в последние десятилетия сложилась практика использования большого количества импортной техники и оборудования. На магистральных газопроводах широко применяют центробежные нагнетатели с импортными газотурбинными приводами таких компаний, как Siemens AG, Solar Turbines, Inc., General Electric, «Сумское МНПО им. М.В.

Фрунзе», ГП НПКГ «Заря-Машпроект», ОАО «Мотор Сич». ЗМКБ «Прогресс» и др. Эксплуатация импортной техники в свою очередь обуславливает зависимость от запасных частей и технической политики иностранных заводов-изготовителей и сервисных компаний.

Высокая надежность и межремонтный ресурс являются одними из основных требований к двигателям газоперекачивающих агрегатов [2]. При этом к основным деталям, определяющим работоспособность, надежность и ресурс газотурбинных приводов газоперекачивающих агрегатов, относятся рабочие и направляющие (сопловые) лопатки турбины.

Лопатки турбины ГТУ, изготавливаемые из жаропрочных никелевых и кобальтовых сплавов, относятся к наиболее многочисленным, трудоемким и дорогим деталям. В этой связи разработка и изготовление импортозамещающих турбинных лопаток ГТУ из жаропрочных сплавов с использованием принципов реинжиниринга представляет значительный экономический и научно-технический интерес.

В технике под реинжинирингом понимают модернизацию ранее реализованных технических решений на действующем объекте [3]. При этом простое копирование конструктивных особенностей деталей с использованием отечественных или зарубежных

материалов, без применения оригинальных технологий и материалов, как правило, обречено на неудачу. Полученные таким образом детали будут обладать лишь внешним сходством без какого-нибудь обеспечения необходимых эксплуатационных свойств, не говоря уже о заданном ресурсе и необходимой надежности работы.

Одним из возможных путей решения задачи реинжиниринга иностранных деталей является привлечение научно-технического и производственного опыта ведущих авиадвигателестроительных предприятий России, обладающих значительным опытом создания, доводки и эксплуатации ответственных деталей авиационных ГТД.

Научно-технический потенциал зарубежных производителей газовых турбин всегда базировался на разработках авиационных ГТД, в то время как в СССР при разработке наземных газовых турбин получить техническую информацию по авиационным ГТД было затруднительно. Только в настоящее время возникают условия для открытого доступа к научно-технической информации по производству авиационных ГТД.

Такая ситуация в условиях противостояния в «холодной войне» была, видимо, оправдана и, как следствие, в СССР были созданы авиационные ГТД и новые конструкционные материалы (например, жаропрочный никелевый сплав для монокристаллических лопаток ЖС32), опередившие по своим свойствам зарубежные аналоги на десятилетия.

В России широко распространен подход конверсионного перевода авиационных ГТД на наземные газовые турбины для ГПА и ГТУ. Однако данный подход без учета эксплуатационных воздействий и, как следствие, без конструкторско-технологической доработки недостаточно эффективен. Он приводит к снижению надежности и неэффективному использованию дорогостоящих ГТД.

Для использования технологий производства деталей авиационного ГТД в установках наземного базирования (в т.ч. импортного производства) необходимо создание научно обоснованной методологии применения имеющегося производственного опыта, результатов промышленных испытаний и серийной эксплуатации существующих авиационных ГТД.

В этой связи одной из задач импортозамещения деталей ГТУ является разработка методики трансформации эксплуатационных характеристик деталей

авиационных ГТД в эквивалентные эксплуатационные характеристики аналогичных деталей ГТУ. Такая трансформация возможна при использовании научно обоснованных принципов подобия.

В случае существования нескольких критериев подобия таких, как, например, свойства основного материала детали, технологии ее изготовления, геометрические характеристики, они должны быть объединены в одну систему.

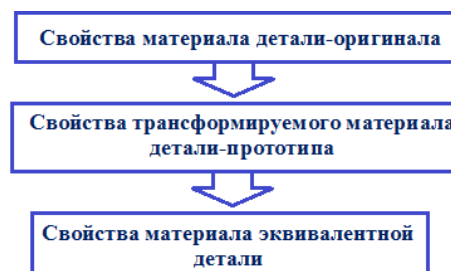


Рис. 1. Принцип реинжиниринга эксплуатационных свойств материала детали турбины ГТУ трансформацией материала детали турбины ГТД в материал эквивалентной детали



Рис. 2. Принцип реинжиниринга эксплуатационных свойств детали турбины ГТУ трансформацией технологии изготовления детали турбины ГТД в технологию изготовления эквивалентной детали

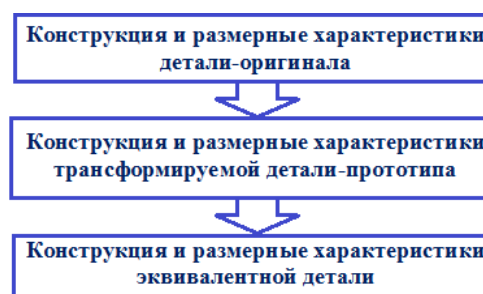


Рис. 3. Принцип реинжиниринга конструкции детали турбины ГТУ

Исходя из практического опыта по восстановительному ремонту и изготовлению импортозамещающих деталей ГТУ, были разработаны следующие принципы трансформации эксплуатационных характеристик деталей ГТД.

1. Трансформация свойств материала, используемого для обеспечения эксплуатационных характеристик деталей ГТД, в свойства материала для производства деталей ГТУ, эквивалентных или превосходящих по эксплуатационным свойствам детали оригинальных деталей ГТД, – условие подобия материалов по условиям эксплуатации (см. рис. 1).

2. Трансформация параметров технологического процесса изготовления деталей ГТД в

технологии изготовления эквивалентных или превосходящих деталей ГТУ с учетом трансформации материала деталей ГТД – условие подобия технологии по условиям эксплуатации (см. рис. 2).

3. Сохранение или модернизация оригинальной конструкции детали ГТУ с учетом их функциональных свойств – условие подобия конструкции по условиям эксплуатации (см. рис. 3).

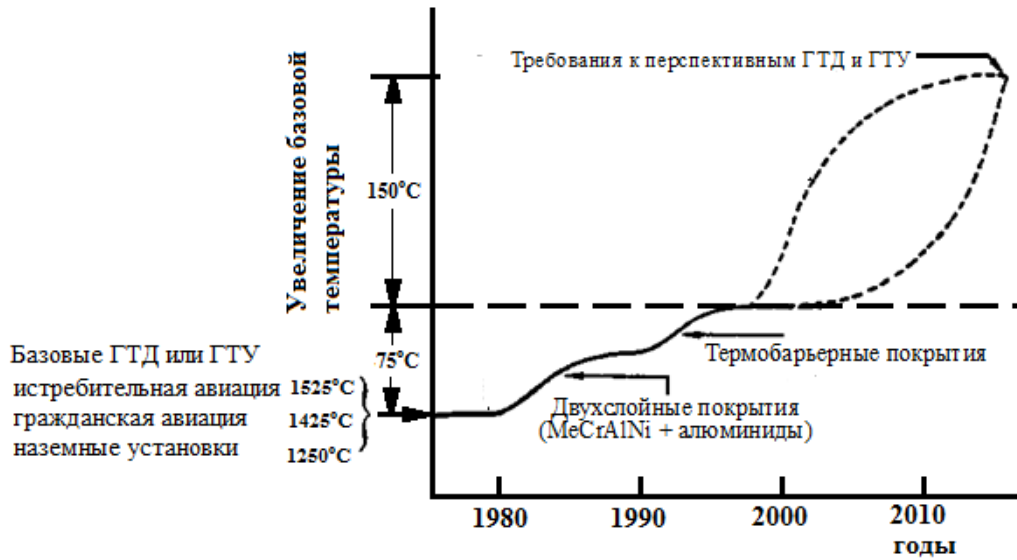


Рис. 4. Использование принципа конструктивного подобия внутри группы однотипных деталей (лопаток турбины) ГТД и ГТУ [3]

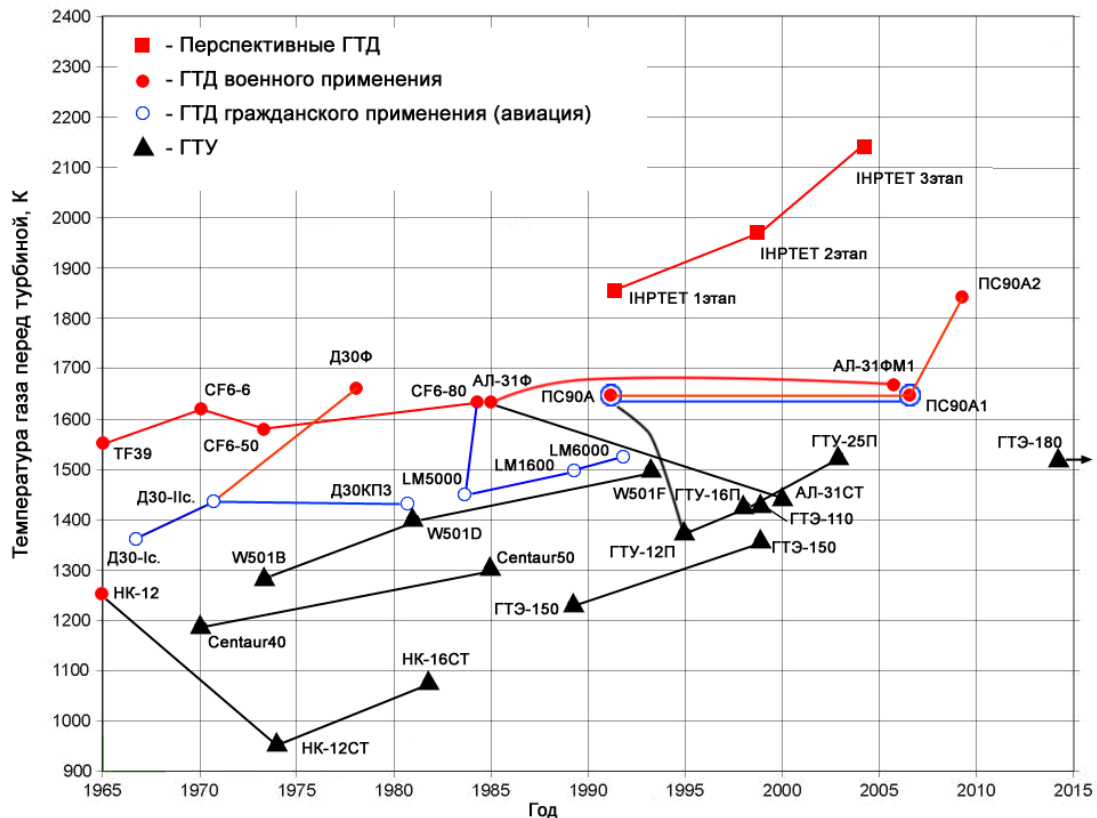


Рис. 5. Эволюция ГТД и ГТУ

Практика авиадвигателестроения США указывает на целесообразность использования базово-семейственного подхода к созданию нового поколения деталей на основе существующего опыта и технологий изготовления деталей-аналогов, в том числе при переходе от лопаток ГТД истребительной авиации к лопаткам ГТД гражданской авиации, а от них к деталям наземных ГТУ [3, 4] (см. рис. 4, 5). Авиационные ГТД исторически являются драйвером развития ГТУ наземного применения. Как показал анализ характеристик ГТД и ГТУ [5 – 10], новые сплавы, технологии, специальные методы обработки, разрабатываемые для изготовления авиационных ГТД за рубежом, позднее трансформируются для создания новых ГТУ (см. рис. 5).

Таким образом, при производстве деталей ГТУ с целью замены оригинальных деталей на аналоги используют два прототипа. Первым прототипом является оригинальная деталь (объединяющая материал, технологию, конструкцию), характеристики которой необходимо обеспечить. Вторым прототипом является оригинальная деталь ГТД (материал, технология, конструкция), которую необходимо трансформировать в эквивалентную деталь ГТУ.

Высокий уровень развития авиационной техники и технологий в РФ, имеющаяся положительная статистика и референция стендовых и натурных испытаний лопаток турбины из различных сплавов, выполненных в различных технологических условиях, различных конструктивных решений предопределяет возможность проведения реинжиниринга импортных изделий с высокими технико-экономическими показателями.

ВЫВОДЫ

1. Импортозамещение деталей ГТУ из жаропрочных сплавов на стадии ремонта ГТУ с использованием принципов реинжиниринга представляет значительный экономический и научно-технический интерес.

2. Ведущие авиадвигателестроительные предприятия РФ обладают значительным опытом создания, доводки и эксплуатации ответственных деталей авиационных ГТД с обеспечением их высоких эксплуатационных характеристик.

3. Одной из задач импортозамещения деталей ГТУ является трансформация эксплуатационных характеристик лопаток турбины авиационных ГТД в эквивалентные эксплуатационные

характеристики лопаток турбины наземных ГТУ.

4. Использование принципов подобия в реинжиниринге для производства импортозамещающих деталей ГТУ, заключающейся в трансформации системы «материал–технология–конструкция» авиационной детали ГТД в систему «материал–технология–конструкция», эквивалентной детали ГТУ с учетом базовых свойств оригинальной детали ГТД, позволит с наименьшими затратами материальных средств и времени на разработку импортозамещающей детали обеспечить ее требуемые характеристики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Стенографический отчет о пленарном заседании Санкт-Петербургского международного экономического форума // URL: <http://www.kremlin.ru/news/21080> (дата обращения: 04.05.2016) [Transcript of the plenary session of the St. Petersburg international economic forum. (in Russian). Available: <http://www.kremlin.ru/news/21080>]

2. Союз производителей нефтегазового оборудования // URL: <http://www.derrick.ru/?f=n&id=13383> (дата обращения: 21.05.2016) [The Union of manufacturers of oil and gas equipment. (in Russian). Available: <http://www.derrick.ru/?f=n&id=13383>]

3. Coatings for High-Temperature Structural Materials – Trends and Opportunities. Committee on Coatings for High-Temperature Structural Materials Commission on Engineering and Technical Systems National Materials Advisory Board Division on Engineering and Physical Sciences National Research Council 27 мая 1996 г. // URL: https://play.google.com/store/books/details/Committee_on_Coatings_for_High_Temperature_Structure?id=LYROAgAAQBAJ (дата обращения: 20.05.2016)

4. Materials Research to Meet 21st Century Defense Needs .Committee on Materials Research for Defense After Next National Materials Advisory Board Division on Engineering and Physical Sciences National Research Council 25 февраля 2003 г. National Academies // URL: https://play.google.com/store/books/details/Committee_on_Materials_Research_for_Defense_After?id=B4akuwf-N0C (дата обращения: 14.06.2016).

5. **Оспеникова О. Г.** Особенности, основные задачи и тенденции развития специальной металлургии жаропрочных сплавов нового поколения // Проблемы черной металлургии и материаловедения. 2015. № 4. С. 68–74. [О. Г. Ospennikova, “Features, main tasks and trends of development of special metallurgy of heat-resistant alloys of new generation,” (in Russian), Problemyi chernoy metallurgii i materialovedeniya. no. 4. pp. 68-74, 2015.]

6. **Кишкин С. Т., Каблов Е. Н.** Литейные жаропрочные сплавы для турбинных лопаток // Авиационные материалы. Избранные труды «ВИАМ» 1932–2002: юбилейный науч.-технич. сб. / под ред. Е. Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2002. С. 48–58. [Kishkin S.T., Kablov E.N “Cast heat-resistant alloys for turbine blades,” (in Russian), Selected works of “VIAM” 1932-2002: the jubilee nauch.-tech. proceedings / edited by E. N. Kablova. Moscow: VIAM, 2002.]

7. **Каблов Е. Н., Петрушин Н. В., Светлов И. Л.** Никелевые литейные жаропрочные сплавы нового поколения //

Авиационные материалы и технологии. 2012. №5. С. 36–52. [E.N. Kablov, N.V., Petrushin I.L., Svetlov, "Cast Nickel heat-resistant alloys of new generation" (in Russian). Aviatsonnyie materialyi i tehnologii. no. 5. pp. 36-52, 2012.]

8. **Каблов Е.Н.** Литые лопатки газотурбинных двигателей М.: МИСиС, 2001. 632 с. [E.N. Kablov, Cast blades of gas turbine engines. Moscow: MISiS, 2001. - 632.]

9. Работы ведущих авиадвигателестроительных компаний в обеспечение создания перспективных авиационных двигателей / под ред. Скибина В. А., Солонина В. И. ЦИАМ, М., 2010 г. [Works of leading aircraft engine companies to ensure the creation of advanced aircraft engines. Ed Skibin V. A., Solonin V. I., Moscow: CIAM, 2010]

10. Обзорение по материалам иностранных публикаций. Серия «Авиадвигателестроение». ЦИАМ, №31 2012 г. [A review of the content of foreign publications tions. A Series Of "Aircraft Engine". CIAM, No. 31 2012.]

ОБ АВТОРАХ

ФИЛАТОВ Александр Анатольевич, канд. техн. наук, нач. Департамента ПАО «Газпром». Дипл. инж.-строитель по спец. «Промышленное и гражданское строительство» (Оренбургский политехнический институт, 1991), дипл. инж. по спец. «Оборудование нефтегазопереработки» (Оренбургский филиал Российского Государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина, 2009). Канд. техн. наук (ИПТЭР, 2013). Иссл. механизмов перемещения трубопроводов на участках речных подводных переходов магистральных газопроводов

НАСТЕКА Вадим Викторович, инж.-мех. (Государственная академия нефти и газа им. Губкина, 1997 г.), начальник Управления ПАО «Газпром», г. Санкт-Петербург. Машины и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств.

КРИОНИ Николай Константинович, проф., ректор, зав. каф. технол. машиностроения. Дипл. инж.-мех. по технол. машиностроения (УАИ, 1971). Д-р техн. наук по трению и износу в машинах (РГУНиГ им. И. М. Губкина, 2005). Иссл. в обл. трибологии, контактного взаимодействия твердых тел, методов обеспечения надежности деталей ГТД и ГТУ.

СМЫСЛОВ Анатолий Михайлович, проф. каф. технол. машиностроения. Дипл. инж.-технол. (УАИ, 1973). Д-р техн. наук по производству двигателей ЛА (УГАТУ, 1993). Иссл. в обл. ионно-имплант. и вак.-плазм. модиф. поверхности.

METADATA

Title: The concept of reengineering parts of gas turbines in terms of import

Authors: A. A. Filatov¹, V. V. Nasteka², N. K. Krioni³, A. M. Smyslov⁴

Affiliation: PJSC "Gazprom, Ufa State Aviation Technical University (USATU), Russia.

Email: ¹Ai.Filatov@ adm.gazprom.ru, ¹V. Nasteka@adm.gazprom.ru, ²krioni@mail.rb.ru, ²smyslovam@yandex.ru

Language: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 20, no. 2 (72), pp. 50–54, 2016. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: Issues of import substitution of oil and gas industry as one of the most important areas of the Russian economy are very important. The main parts in determining the performance, reliability and service life of gas turbine drives of gas compressor units are turbine blades. To use technologies of production of parts of aircraft gas turbine engine in the land-based installations it is necessary to create scientifically sound methodology for the application of the existing production experience and results of the industrial tests and series-term operation of existing gas turbine engines.

Key words: import substitution and import dependence; gas-turbine drives; reliability and resource; transformation performance.

About authors:

FILATOV, Alexander Anatolyevich, Head of Department of PJSC "Gazprom". Dipl. engineer, specialty "Industrial and civil construction" (Orenburg Polytechnic Institute, 1991), Dipl. engineer, specialty "Equipment of oil and gas (Orenburg branch of Russian State University of oil and gas named after I. M. Gubkin, 2009). Cand of Tech. Sci. (IPTEP, 2013). Studies of the mechanisms of movement of pipe sections of underwater river crossings of main gas pipelines.

NASTEKA, Vadim Victorovich, Deputy Chief of Department – Chief of Directorate PJSC Gazprom, Engineer (Gubkin Russian State University of Oil and Gas (1997). Machines and equipment for refinery and petrochemical operations.

KRIONI, Nikolay Konstantinovich, Professor, Rector USATU . Dipl . Mechanical engineer in mechanical engineering (AIM, 1971). Dr. tehn. Sciences on friction and wear in machines (RGUNiG them. Academician Gubkin, 2005).

SMYSLOV, Anatoly Mikhailovich, Prof., Dept. of Engineering technology. Dipl. Engineer (UAI, 1973). Dr. of Tech. Sci. (Ufa, 1993).