

О ПОВЫШЕНИИ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ ПРОМЫШЛЕННЫХ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ УЧАСТИИ В КОНКУРСНЫХ ПРОЦЕДУРАХ НА ПОСТАВКУ ОБОРУДОВАНИЯ**Андрей Александрович МИХАЙЛОВ**

кандидат технических наук, начальник отдела планирования и сопровождения эксплуатации промышленных газотурбинных двигателей, АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»,
Москва, Российская Федерация
andrmikhaylov@yandex.ru
ORCID: отсутствует
SPIN-код: 3159-2761

История статьи:

Получена 22.10.2018
Получена в доработанном
виде 08.11.2018
Одобрена 22.11.2018
Доступна онлайн 24.12.2018

УДК 338.45:621

JEL: C44, C65, L64, O21

Ключевые слова:

промышленный
газотурбинный двигатель,
послепродажное
обслуживание, гарантийный
ресурс, стоимость владения,
аренда

Аннотация

Предмет. Зачастую при проведении отечественными компаниями топливно-энергетического комплекса конкурсных процедур на закупку газотурбинного оборудования встречаются как отечественные, так и зарубежные поставщики промышленных газотурбинных двигателей.

Цели. Определить слабые места отечественных промышленных двигателей при участии в конкурсных процедурах совместно с зарубежными аналогами, а также причины и возможные пути их устранения.

Методология. Проведены сравнительный анализ типовых условий поставки отечественных и зарубежных промышленных двигателей, поиск путей повышения конкурентоспособности отечественных двигателей.

Результаты. Определен перечень мероприятий организационного характера, реализация которых позволит повысить уровень конкурентоспособности отечественных промышленных газотурбинных двигателей.

Выводы. Проведение доработки нормативно-технической документации на отечественные промышленные газотурбинные двигатели совместно с доработкой договоров на поставку оборудования в части условий предоставления дополнительных услуг позволит повысить конкурентоспособность.

© Издательский дом ФИНАНСЫ и КРЕДИТ, 2018

Для цитирования: Михайлов А.А. О повышении привлекательности отечественных промышленных газотурбинных двигателей при участии в конкурсных процедурах на поставку оборудования // *Экономический анализ: теория и практика*. – 2018. – Т. 17, № 12. – С. 1356 – 1372.
<https://doi.org/10.24891/ea.17.12.1356>

Введение

Отечественный рынок промышленных газотурбинных двигателей (ГТД) можно разделить по сфере использования на две категории – на двигатели для электроэнергетики, а также транспорта нефти и газа. В свою очередь рынок электроэнергетики также можно разделить на рынки большой и малой энергетики. К большой энергетике относится большинство тепловых электростанций районного масштаба, которые используют в качестве привода электрогенераторов промышленные газотурбинные двигатели единичной

мощностью от 180 МВт и выше, что в простом или комбинированном цикле работы двигателя позволяет обеспечить высокую экономичность и мобильность при получении электричества и тепла. В данном сегменте основными поставщиками оборудования являются иностранные компании Siemens, GE, Alstom, Mitsubishi и другие, так как отечественные производители в настоящее время не могут предложить рынку газотурбинный двигатель в указанном классе мощности (подробнее см. работу [1]). Несколько иная картина наблюдается в сегменте малой энергетики, к которой относятся объекты энергоснабжения

небольших населенных пунктов, микрорайонов, промышленных предприятий, объектов жилищно-коммунального хозяйства, торговых центров и т.д. Как правило, на таких объектах используются промышленные газотурбинные двигатели единичной мощностью от 0,4 до 25 МВт. Их применение в простом и когенерационном цикле позволяет обеспечить потребителей не только электроэнергией, но и теплом [2]. Здесь помимо названных иностранных компаний широко представлены отечественные производители, в первую очередь – АО «ОДК». Вторую важную составляющую отечественного рынка промышленных ГТД составляют отечественные компании, осуществляющие транспортировку нефти и газа, такие как ПАО «Газпром», АО «НК «Роснефть», ПАО «ЛУКОЙЛ» и другие, которые используют в технологическом цикле промышленные газотурбинные двигатели единичной мощностью от 4 до 32 МВт в качестве привода компрессорного оборудования. В данном сегменте рынка кроме широко представленного импортного оборудования, в первую очередь украинского, значительную долю занимает продукция АО «ОДК».

Введенные в отношении России экономические санкции со стороны США и Евросоюза привели к ограничению поставок газотурбинного оборудования на российский рынок, в том числе путем введения избирательности со стороны поставщиков. Примером последнего является ограничение компанией Siemens на поставку газотурбинных двигателей в Южный федеральный округ. В этих условиях проводимая Правительством Российской Федерации политика импортозамещения направлена на поддержку развития необходимых компетенций у отечественных производителей и, как следствие, на увеличение доли отечественного оборудования на внутреннем рынке.

Анализ поставок промышленных ГТД отечественным компаниям ТЭК за последние три года, по данным отечественных и зарубежных аналитических изданий,

показывает, что проведение указанной политики существенно сократило в 2014–2015 гг. долю поставок импортного газотурбинного оборудования в классе единичной мощности от 2,5 до 25 МВт, однако к 2017 г. их доля увеличилась на 12% от уровня 2014 г. Это говорит о том, что поставщики и покупатели импортного газотурбинного оборудования приспособились к новым условиям рынка. С чем связан такой выбор? В первую очередь с тем, что иностранные компании представляют потребителю «композитные блага»¹ [3] в виде продажи газотурбинного двигателя, а также совокупности элементов послепродажного обслуживания, которые выбирал заказчик (проведение ремонтов, обеспечение запасными частями, реализация «гибких» условий технического обслуживания и т.д.). Использование этого метода позволяет продавцу эффективно маскировать недостатки своей продукции, в частности более высокую цену по сравнению с отечественными аналогами, так как потребитель в итоге оценивает не стоимость предлагаемых компонентов по отдельности, а предложение в целом.

Таким образом, необходимо провести сравнительный анализ условий поставки отечественного и зарубежного оборудования, а также разработать мероприятия для повышения конкурентоспособности отечественных промышленных газотурбинных двигателей.

Анализ условий поставки отечественных и зарубежных промышленных газотурбинных двигателей

В соответствии с требованиями Федерального закона от 18.07.2011 № 223-ФЗ «О закупках товаров, работ, услуг, отдельными видами юридических лиц» приобретение газотурбинного оборудования осуществляется на конкурентной (конкурсной) основе. Это позволяет заказчику формировать конкурсные требования таким образом, чтобы их

¹ Клочков В.В., Бабкин Н.В. Современные методы реализации продукции авиационного двигателестроения // Полет. 2005. № 10. С. 42–47.

реализовать мог только один, как правило, импортный поставщик.

Несмотря на то что по основным техническим параметрам отечественные промышленные газотурбинные двигатели находятся на уровне мировых аналогов (пожалуй, кроме экологических показателей), а по стоимостным – существенно дешевле, зарубежные, как уже было отмечено, предлагают больший объем сервиса и послепродажного обслуживания. Если в тендере участвует отечественный поставщик, то его предложение отклоняется как не соответствующее условиям конкурса, либо ему снижаются квалификационные баллы, что негативно сказывается на суммарной оценке предложения.

В качестве примера в *табл. 1* представлена типовая структура контракта (договора) на поставку зарубежных и отечественных промышленных газотурбинных двигателей в одном классе мощности. Рассмотрим, в чем заключаются различия в структуре контрактов.

Анализ технического обслуживания. Перед тем как рассматривать особенности технического обслуживания отечественных и зарубежных промышленных газотурбинных двигателей, для корректного сравнения необходимо внести уточнения, что в данном случае будут рассматриваться промышленные ГТД, созданные на базе авиационных двигателей, которые для проведения капитального ремонта демонтируются из газоперекачивающих агрегатов или газотурбинных электростанций и отправляются на специализированные ремонтные предприятия.

Это замечание важно, так как для стационарных промышленных газотурбинных двигателей проведение капитальных ремонтов осуществляется на месте эксплуатации, что позволяет существенно сократить сроки их проведения.

Большинство зарубежных производителей промышленных газотурбинных двигателей предлагают своим клиентам гибкую систему технического обслуживания, основанную на

выполнении определенных работ (инспекций) с заданной периодичностью (Check A–C)² [4]. При этом в зависимости от режимов работы ГТД, опыта эксплуатирующей организации, наличия средств диагностики на месте эксплуатации периодичность выполнения работ для различных клиентов может устанавливаться индивидуально, чему способствует исчисление наработки двигателя в эквивалентных часах. По структуре указанные инспекции отличаются друг от друга глубиной осмотра различных элементов двигателя (визуальным и бороскопическим), а также проведением неразрушающего контроля рабочих лопаток компрессора и турбины (при Check C). Периодичность и объем технического обслуживания отечественных ГТД определяются соответствующим разделом руководства по технической эксплуатации. Традиционно частота данных работ устанавливается фиксированно для любых заказчиков и исчисляется в астрономических часах наработки двигателя. Для ряда отечественных двигателей нормативно-технической документацией предусмотрена возможность двоякого исчисления наработки (в астрономических и эквивалентных часах). Известно, что при проведении капитального ремонта двигателя техническое состояние его деталей существенно различается, при этом, по статистике, до 30% деталей имеют удовлетворительное состояние и могут быть допущены к дальнейшей эксплуатации без проведения ремонта. Существенное влияние на темп выработки ресурса различных деталей ГТД оказывают режимы работы двигателя, их продолжительность, а также порядок смены, климатические условия, в которых осуществляется эксплуатация ГТД. Указанные факторы учитываются в соответствующей формуле, обеспечивающей приведение астрономической наработки к эквивалентной, позволяющей более полно использовать

² Шмидель Г.-У., Гуцин А.В., Торжков В.Е. Сервисная поддержка промышленных газовых турбин Siemens // Турбины и дизели. 2007. № 6. URL: <http://www.turbine-diesel.ru/eng/node/2228>; Навроцкий В.В., Бломштедт М. и др. Газотурбинный агрегат SGT-600: совершенствование конструкции и плана технического обслуживания // Турбины и дизели. 2009. № 2. URL: <http://www.turbine-diesel.ru/sites/default/files/SGT-600.pdf>

ресурсные возможности всех деталей. Однако на практике это почти не используется, что обусловлено больше сложившимися традициями, чем технической и экономической целесообразностью.

Руководство по технической эксплуатации предусматривает выполнение оперативного и двух видов периодического технического обслуживания (ТО-1, ТО-2), которые аналогично зарубежным аналогам заключаются в визуальном и бороскопическом осмотрах проточной части и наружных элементов газотурбинного двигателя. Таким образом, техническое обслуживание отечественных ГТД с точки зрения его глубины идентично зарубежному, отличаясь лишь гибкостью к периодичности проведения.

Для повышения конкурентоспособности отечественных двигателей при проведении конкурсных процедур по пункту «техническое обслуживание» необходимо в технические условия на поставку и руководство по технической эксплуатации включить требование об организации автоматического учета эквивалентной наработки двигателя за счет внедрения соответствующих алгоритмов в систему управления газоперекачивающего агрегата или газотурбинной электростанции. Это решение позволит обеспечить требуемую гибкость.

Анализ поставки запасных частей.

В контракт поставки импортного промышленного газотурбинного двигателя по желанию заказчика могут быть включены любые запасные части, в том числе элементы самого двигателя, например комплект рабочих лопаток, жаровых труб и т.д. Количество, стоимость и сроки поставки запасных частей оговариваются в теле контракта.

В стандартный объем поставки отечественных промышленных газотурбинных двигателей обязательно входит «одиночный комплект» запасных частей и приспособлений (ЗиП), то есть рассчитанный на поддержание работоспособности одного двигателя в течение межремонтного ресурса.

Кроме того, практикуется поставка так называемого группового комплекта ЗиП,

который позволяет обеспечить работоспособность некоторой партии однотипных двигателей у заказчика. Указанные комплекты формируют «техническую аптечку». Объем и номенклатурный состав входящих в нее запасных частей определяется заводом-изготовителем индивидуально для каждого типа двигателя. Как правило, их основу составляют шайбы, болты, заглушки, различного рода уплотнительные элементы, датчики и их комплектующие, в редких случаях – фильтроэлементы. Восполнение «аптечки» происходит во время проведения капитального ремонта двигателя.

Возможности приобретения одиночного или группового комплекта ЗиП по желанию заказчика, равно как приобретения узлов и деталей двигателя, например жаровых труб, стартеров, практически нет. Это связано с тем, что отечественные предприятия позиционируют себя продавцами конечного продукта, а не запасных частей, а также с особенностями формирования цены на двигатель. В настоящее время развитие компетенций продавца запасных частей и компонентов 2–4 уровней на отечественных предприятиях является перспективным направлением. Кроме того, развитие модульности конструкции промышленных ГТД будет способствовать развитию поставок запасных частей.

В настоящее время для обеспечения равенства альтернатив при проведении конкурсных процедур по пункту «запасные части» необходимо расценить составляющие одиночного и группового комплектов ЗиП, а также наиболее востребованных узлов и деталей двигателей, сформировать соответствующие коммерческие предложения.

Анализ ситуации с предоставлением резервного двигателя во временное пользование.

Как уже было отмечено, для проведения капитального ремонта промышленный ГТД должен быть направлен в ремонтное предприятие на срок 6–9 месяцев. В это время агрегат, в котором он был установлен, находится в вынужденном простое. Чтобы его сократить,

эксплуатирующая организация вынуждена либо закупить резервный двигатель, либо приобретать двигатель в краткосрочную аренду. Учитывая, что для предоставления двигателей в аренду производитель формирует необходимый оборотный фонд, наличие договоренности о предоставлении такой услуги на этапе подписания контракта на поставку ГТД, с одной стороны, позволяет повысить конкурентоспособность продукции за счет повышения удовлетворенности клиента, с другой – сократить финансовые затраты заказчика при проведении капитального или аварийно-восстановительного ремонта оборудования.

Крупные отечественные компании ТЭК предпочитают формировать собственный парк резервных двигателей. Использование ими схемы аренды не всегда возможно в силу специфики учета товарно-материальных ценностей.

Вместе с тем менее крупные компании проявляют активный интерес к указанной услуге. Для ее оказания предприятию-изготовителю необходимо сформировать соответствующий оборотный фонд, который, с одной стороны, позволит максимально обеспечить удовлетворение потребностей заказчика, с другой – обеспечит собственную экономическую целесообразность.

Таким образом, реализация предлагаемого в работе [5] подхода позволит повысить конкурентоспособность отечественного двигателя в глазах заказчика и обеспечить равенство альтернатив при проведении конкурсных процедур.

Анализ ситуации с организацией удаленного мониторинга и диагностики технического состояния ГТД. Предоставление информации о рабочих параметрах находящихся в эксплуатации промышленных ГТД в режиме онлайн является обязательным атрибутом практически каждого контракта на поставку зарубежного оборудования.

Следует отметить, что несмотря на то, что центры хранения и обработки информации находятся за рубежом, это не смущает

отечественные компании ТЭК при выборе оборудования.

Вместе с тем в новейшей практике с учетом действия санкций со стороны Европейского союза и США крупным отечественным компаниям для обеспечения промышленной безопасности удается исключить данное требование из контракта на поставку оборудования.

Традиционно основой системы диагностики технического состояния промышленных ГТД является анализ трендов изменения основных параметров. Дальнейшая обработка полученной информации дает возможность применения различных методов прогнозирования технического состояния подконтрольного объекта.

Одним из примеров такой системы является программный комплекс «ПРАНА», разработанный компанией АО «РОТЕК». По заявлению разработчика, система позволяет строить прогноз технического состояния газотурбинного оборудования глубиной до трех месяцев³.

Другим направлением обработки полученной информации является организация сервисной поддержки. По желанию клиента она может быть организована в режиме 365 дней / 7 дней в неделю / 24 часа с выдачей рекомендаций по предотвращению аварийных ситуаций, проведению корректирующих мероприятий, а в случае отклонения рабочих параметров ГТД от нормы, проведению дополнительных видов обслуживания в рамках методологии RBI (Risk Based Inspections) – планирования инспекций с учетом факторов риска, описанных в работе [6].

На базе полученной информации клиенту может быть предложена методология RCM (Reliability Centered Maintenance) – технического обслуживания, направленного на повышение надежности, которая, по данным М.И. Белякова [7], позволяет сократить расходы на ТОиР до 20%.

³ Белозеров Д.Ю. Применение технологий промышленного интернета для прогнозирования состояния оборудования: система «ПРАНА» // Газотурбинные технологии. 2017. № 1. С. 14–17.

Отечественными двигателестроительными предприятиями также разработаны собственные системы удаленного мониторинга и диагностики технического состояния промышленных ГТД⁴ [8, 9]. Как и у зарубежных аналогов, основной принцип работы систем – анализ трендов изменения основных параметров двигателя с течением времени. Кроме этого, у предприятий имеются собственные разработки в области прогнозирования технического состояния ГТД⁵. Существенные результаты в области прогнозирования технического состояния газотурбинных двигателей достигнуты ЦИАМ им. П.И. Баранова⁶, а также сотрудниками ряда других научно-исследовательских подразделений [10].

Несмотря на обширные теоретические изыскания, массового применения отечественные системы диагностики промышленных двигателей не получили. Основными проблемами, связанными с их распространением, являются организация передачи информации о режимах работы двигателя в режиме онлайн, несогласованность действий эксплуатирующего персонала с рекомендациями систем диагностики, отсутствие организационно-правовых механизмов по восстановлению работоспособности двигателей, отстраненных от эксплуатации системой диагностики по предотказному состоянию.

Решение двух последних проблем возможно за счет проведения увязки технической документации на систему диагностики и мониторинга технического состояния

⁴ Зарицкий С.П., Исламов В.Н. и др. Развитие систем диагностирования двигателей НК 38СТ, НК-36СТ // Диагностика оборудования и трубопроводов. М.: ИРЦ Газпром, 1999; Иванов В.Ю., Рубин Л.И. и др. Автоматизированный трендовый контроль параметров ГПА-16Р «Уфа» с двигателем АЛ-31СТ // Газотурбинные технологии. 2017. № 3. С. 20–23; Угрюмов М.Л., Стрелец В.Е. и др. Методология и средства информационной технологии диагностирования технического состояния турбореактивных двигателей в условиях неопределенности входных данных // Газотурбинные технологии. 2015. № 2. С. 24–29.

⁵ Гецов Л.Б., Гинзбург А.Е. К вопросу об определении остаточного ресурса ГТД по данным фактической наработки // Энергомашиностроение. 1989. № 10. С. 27–30.

⁶ Егоров И.В. Комплексная сетевая система диагностирования газотурбинных двигателей // Авиационно-космическая техника и технология. 2005. № 8. С. 181–185.

двигателя с существующей технической документацией на двигатель, в частности руководства по эксплуатации, а также договора на поставку, подготовки соответствующего коммерческого предложения. Проблема с организацией передачи данных, по нашему мнению, в большинстве случаев является искусственной, о чем свидетельствует описанный опыт взаимодействия отечественных компаний ТЭК и зарубежных поставщиков ГТД. Одним из путей ее решения является подготовка для заказчика информационного материала с указанием перечня передаваемой информации, методами ее использования, выгодами реализации системы диагностики.

Услуга по установлению величины гарантийного ресурса по желанию клиента.

В настоящее время для отечественных промышленных ГТД сложилась практика устанавливать гарантийный ресурс для новых и ремонтных изделий в физических часах наработки и в календарном исчислении, в зависимости от того, что наступит раньше. При этом гарантийный ресурс для типа двигателя остается неизменным для любой эксплуатирующей организации и составляет 6 000–8 000 ч. Суть его состоит в том, что в случае проявления дефектов двигателя, не связанных с нарушением правил эксплуатации, их устранение проводится за счет предприятия-изготовителя, за пределами гарантийного ресурса – за счет эксплуатирующей организации. В зависимости от характера дефекта стоимость аварийно-восстановительного ремонта может стремиться к стоимости капитального ремонта, а в ряде случаев и превышать ее, например при разрушении газозооного тракта двигателя. Учитывая, что ГТД относится к сложной технической системе, во время его работы возможно проявление различного рода отказов, носящих вероятностный характер, что ведет к необходимости отправки двигателя в длительный ремонт, резервированию финансовых средств для его оплаты. Эти факторы создают спрос со стороны эксплуатирующих организаций на увеличение гарантийного ресурса вплоть до величины

межремонтного ресурса, как это реализуется в авиации. Установление индивидуального уровня гарантийного ресурса ведет к увеличению рисков со стороны предприятий-изготовителей. С другой стороны, установление платы за величину этого ресурса позволяет предприятию организовать работы по повышению надежности и сократить уровень рисков для себя, а также повысить привлекательность собственной продукции для заказчика.

Этот принцип реализован зарубежными поставщиками промышленных ГТД. При этом схема определения ценовых показателей представляется в виде графика и включается в коммерческое предложение, например, как предлагает Solar Turbines (*рис. 1*). Как видно, предприятие-изготовитель изначально предоставляет заказчику бесплатную величину гарантийного ресурса, которая составляет 12 мес. от величины межремонтного ресурса с оговоркой, что стоимость ремонтов за его пределами будет составлять определенную величину, пропорциональную отработанному ресурсу между капитальными ремонтами. Если заказчик желает увеличить гарантийный ресурс, его стоимость определяется по специальной формуле, а стоимость ремонта за его пределами снижается относительно аналогичной стоимости при стандартном гарантийном ресурсе. Для реализации данного метода производитель дополнительно стимулирует заказчика за счет установления стоимости аварийно-восстановительного ремонта выше, чем стоимость капитального ремонта.

Рассмотрим, как данный принцип может быть адаптирован для отечественных промышленных ГТД. Исторически сложилось, что стоимость капитального ремонта промышленных ГТД авиационного типа составляет порядка 40% от стоимости нового двигателя, а стоимость аварийно-восстановительного ремонта – 30–35%, поэтому применить метод мотивации заказчика за счет повышения стоимости аварийно-восстановительного ремонта не представляется возможным. Рассмотрим, как

изменяются стоимости различных видов ремонтов отечественных двигателей с увеличением наработки (*рис. 2*).

Как уже отмечалось, первоначальная стоимость аварийно-восстановительного ремонта (в точке GP_0) составляет 30–35% от стоимости нового двигателя в зависимости от его типа $C_{авр}$, по мере увеличения наработки двигателя его стоимость стремится к стоимости капитального ремонта $C_{кр}$ (на *рис. 2* показана в виде линейной зависимости). Данное увеличение связано с необходимостью замены все большего количества деталей, имеющих естественную выработку. Таким образом, при продаже гарантийного ресурса его стоимость должна изменяться линейно в диапазоне от начального гарантийного ресурса (штатная заводская гарантия – GP_0) до межремонтного ресурса. Учитывая, что стоимость гарантийного ресурса $C_{гар}^x$ по своей сути – страховка, которую приобретает эксплуатирующая организация у производителя для минимизации незапланированных затрат на проведение аварийно-восстановительного ремонта, то ее определение сводится к оценке вероятности проявления отказа в период между GP_0 и оплаченной величиной x . Учитывая, что гарантия устанавливается не только для нового двигателя, но и для прошедшего капитальный ремонт, а события, связанные с возникновением отказа в любой из гарантийных периодов, являются независимыми, то стоимость гарантийного ресурса может быть определена по следующей формуле:

$$C_{гар}^x = C_{гар}^0 + Px C_{авр}^x,$$

где $C_{гар}^0$ – начальная стоимость гарантийного ресурса, определяемая расчетно-калькуляционным методом на основе данных о фактических затратах на выполнение ремонтов в период заводской гарантии;

$C_{гар}^x$ – стоимость аварийно-восстановительного ремонта при оплаченном гарантийном ресурсе x ;

Px – вероятность возникновения отказа в период оплаченного гарантийного ресурса за назначенный ресурс двигателя.

В свою очередь

$$P_x = \prod_{i=1}^{HP} \left(\frac{x - GP_0}{MP} \right)_i,$$

где i – количество гарантийных периодов за назначенный ресурс двигателя;

MP , HP – межремонтный и назначенный ресурсы двигателя соответственно.

Стоимость аварийно-восстановительного ремонта при оплаченном гарантийном ресурсе x определяется по следующей формуле:

$$C_{авр}^x = C_{авр} + \left(\frac{C_{кр} - C_{авр}}{MP - GP_0} \right) (x - GP_0).$$

Определение условий, при которых применение данного метода имеет экономическую целесообразность в зависимости от количества вовлеченных двигателей, безотказности работы рассматриваемого парка двигателей и прочего – предмет дальнейших исследований.

В связи с тем, что предлагаемая схема является новинкой для производителей промышленных ГТД, то развивать вопрос о стоимости гарантии при продлении наработки за пределами межремонтного ресурса на данном этапе не представляется целесообразным. Процедура продления межремонтного ресурса в настоящее время отработана и основана на ступенчатом увеличении наработки. Решение о таком продлении и его величине определяется специальной комиссией из числа разработчиков и производителей двигателя и оплачивается особым образом.

Оценка конкурентоспособности ГТД после проведения комплекса мероприятий по доработке условий контракта. В результате проведенного анализа контрактов определены мероприятия, необходимые для доработки условий отечественных контрактов на поставку промышленных ГТД. Рассмотрим, как их реализация может повлиять на результаты конкурсной процедуры, на примере отечественного и зарубежного промышленных двигателей в одном классе мощности. Основные сравниваемые параметры

указанных альтернатив представлены в *табл. 2*.

Анализ данных, представленных в *табл. 2*, показывает, что по ценовым показателям отечественный двигатель имеет преимущество, однако существенно уступает по ресурсным и экологическим показателям, а также имеет ограничение, связанное с обеспечением запасными частями по желанию заказчика. Низкие по сравнению с зарубежным аналогом ресурсные показатели обусловлены отечественными требованиями, при которых назначенный ресурс газоперекачивающего агрегата или газотурбинной электростанции – 100 000 ч. При этом имеются примеры, когда по желанию заказчика назначенный ресурс агрегата и двигателя увеличивался до 150 000 ч.

Учитывая, что, как правило, в конкурсной документации одним из критериев отбора является минимальная стоимость владения, рассчитаем ее по следующей формуле:

$$C_{влад} = C_{нов} + N_{кр} C_{кр} + T_{то} C_{то} + T_{резерв} C_{резерв} + T_{диагн} C_{диагн},$$

где $C_{нов}$, $C_{кр}$, $C_{то}$, $C_{резерв}$, $C_{диагн}$ – стоимости нового двигателя, капитального ремонта, технического обслуживания, использования резервного двигателя (аренда), затраты на систему диагностики соответственно;

$N_{кр}$ – количество капитальных ремонтов двигателей; определяется по формуле $N_{кр} = \text{int} (HP / MP - 1)$;

$T_{то}$, $T_{резерв}$, $T_{диагн}$ – суммарная продолжительность проведения технического обслуживания, использования резервного двигателя (аренды), проведения диагностики соответственно за назначенный ресурс двигателя, ч.

Суммарная продолжительность проведения технического обслуживания определяется по формуле

$$T_{то} = T_{диагн} = HP - N_{кр} t_{рем},$$

где $t_{рем}$ – продолжительность капитального ремонта, ч.

Продолжительность использования резервного двигателя (аренды) определяется так:

$$T_{резерв} = N_{кр} t_{кр}.$$

Следует отметить, что в формуле расчета стоимости владения сознательно не учтена стоимость топлива, потраченного за назначенный ресурс двигателя. Так как доля затрат на топливо составляет порядка 60–70% от стоимости владения, то ее учет приведет к размыванию эффекта от остальных мероприятий.

В связи с тем, что рассматриваемые двигатели имеют различные назначенные ресурсы, то для корректного сравнения стоимости владения целесообразно воспользоваться ее удельной величиной:

$$\bar{C}_{\text{влад}} = \frac{C_{\text{влад}}}{HP}.$$

Отечественный двигатель по удельной стоимости владения существенно превосходит зарубежный аналог. Однако в связи с тем, что при подведении итогов конкурса сравнение проводится по нескольким показателям, рассмотрим, как указанные альтернативы соответствуют конкурсной документации (табл. 3). Анализ показывает, что зарубежный двигатель удовлетворяет шести из семи основных требований, в то время как отечественный – только двум. Однако доработка контракта с учетом изложенных ранее возможностей позволяет удовлетворить шесть из семи требований. Таким образом, в зависимости от того, относится ли требование по обеспечению экологических показателей к основным или второстепенным, принимается решение о признании отечественного двигателя победителем конкурса либо о признании конкурса несостоявшимся, корректировке конкурсной документации и объявлении нового конкурса.

Заключение

Таким образом, при проведении мероприятий, в основном связанных с доработкой договоров на поставку и существующей нормативно-технической документации отечественных

промышленных газотурбинных двигателей, в частности требуется:

- доработать технические условия на поставку, а также руководство по технической эксплуатации двигателя в части установления требования об организации автоматического учета эквивалентной наработки двигателя путем внедрения соответствующих алгоритмов в систему управления агрегата;
- расценить составляющие одиночного и группового комплектов ЗиП, а также наиболее востребованных узлов и деталей двигателей, сформировать соответствующие коммерческие предложения;
- провести оценку потребного оборотного фонда для каждого типа промышленных газотурбинных двигателей с расчетом стоимости аренды;
- разработать и синхронизировать техническую документацию на систему удаленной диагностики и мониторинга технического состояния промышленного ГТД с существующей технической документацией, провести доработку договора поставки в части учета использования указанной системы, подготовить соответствующее технико-коммерческое предложение;
- доработать коммерческое предложение и договор на поставку промышленного ГТД в части учета возмездного установления гарантийного ресурса по желанию заказчика.

Так как для реализации предложенных мероприятий не требуется больших финансовых и временных затрат, то следует ожидать, что их реализация позволит отечественным производителям промышленных ГТД в кратчайшие сроки повысить свои шансы в конкурсах с участием двигателей иностранных производителей.

Таблица 1

Типовая структура контракта (договора) на поставку зарубежных и отечественных промышленных газотурбинных двигателей

Table 1

A standard contract structure for foreign and domestic industrial gas turbine engine supply

Структура	Зарубежные	Отечественные
Промышленный ГТД	+	+
Периодичность технического обслуживания (Check A–C)	+	± (в рамках РТО)
Запасные части	+	± (в рамках одиночного и группового комплектов ЗиП)
Предоставление резервного двигателя (аренда) на время ремонта основного оборудования	+	–
Удаленный мониторинг и диагностика технического состояния ГТД	+	–
Установление величины гарантийного ресурса по желанию клиента	+	–

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 2
Сравниваемые параметры газотурбинных двигателей

Table 2
Compared parameters of gas turbine engines

Показатель	Зарубежный двигатель	Отечественный двигатель	Отечественный двигатель после доработки условий контракта
Срок эксплуатации, лет	20		
Межремонтный ресурс, ч	30 000	25 000	25 000
Назначенный ресурс, ч	240 000	100 000	100 000
Эмиссия NO_x , ppm (не более 20 ppm)	15	60	60
Продолжительность капитального ремонта, сут.	270	210	210
Стоимость двигателя, млн руб.	421,26	206,25	206,25
Стоимость капитального ремонта, млн руб.	195,74	82,5	82,5
Стоимость технического обслуживания в месяц, млн руб.	0,24	0,09	0,09
Стоимость резервного двигателя (аренды) на время ремонта основного оборудования, млн руб.	18,03	–	36,94
Стоимость удаленного мониторинга и диагностики технического состояния ГТД в месяц, руб.	1,6	–	0,7
Стоимость владения ГТД, млрд руб.	2,415	0,463	0,65
Удельная стоимость владения ГТД, руб./ч	10 064,32	4 630,06	6 500,36

Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Таблица 3
Соответствие альтернатив требованиям конкурсной документации

Table 3
Compliance of alternatives with tender documentation requirements

Требование	Зарубежный двигатель	Отечественный двигатель	Отечественный двигатель после доработки условий контракта
Техническое обслуживание	+	+	+
Запасные части по требованию заказчика	+	-	+
Резервный двигатель на время ремонта основного оборудования (аренда)	+	-	+
Удаленный мониторинг и диагностика технического состояния ГТД	+	-	+
Установление величины гарантийного ресурса по требованию заказчика	+	-	+
Соответствие экологическим нормам	+	-	-
Минимальная стоимость владения ГТД	-	+	+
Минимальная удельная стоимость владения ГТД	-	+	+

Источник: авторская разработка

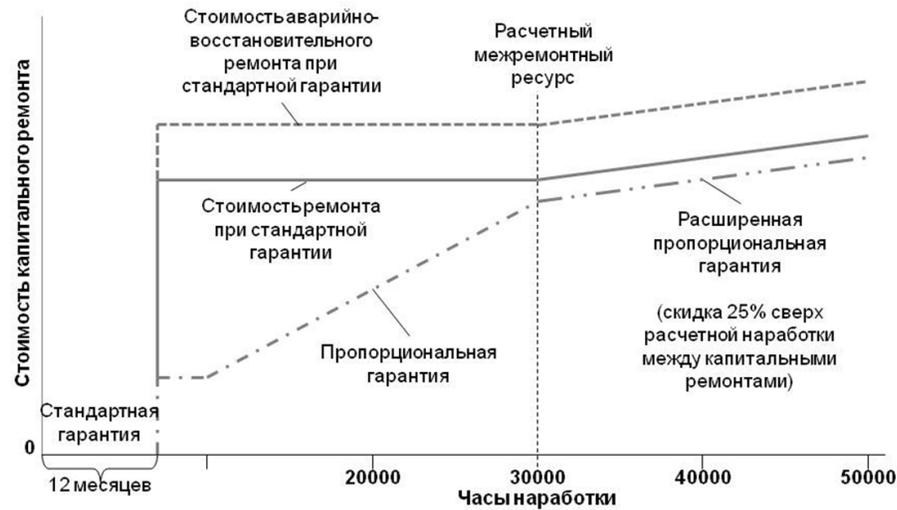
Source: Authoring

Рисунок 1

Определение стоимости гарантийного ресурса зарубежных промышленных газотурбинных двигателей

Figure 1

Determination of the cost of guaranteed life of foreign industrial gas turbine engines



Источник: Solar Turbines

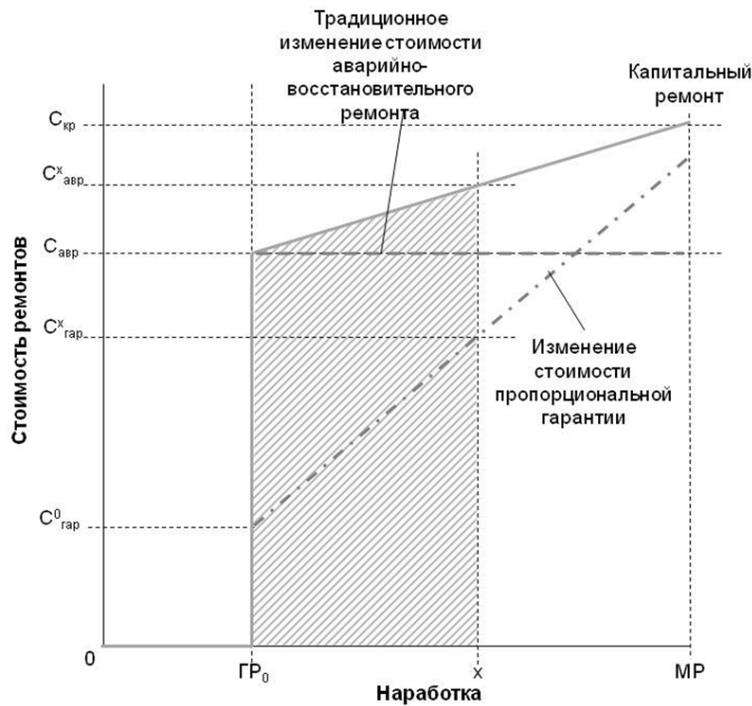
Source: Solar Turbines

Рисунок 2

Определение стоимости гарантийного ресурса отечественных промышленных газотурбинных двигателей

Figure 2

Determination of the cost of guaranteed life of domestic industrial gas turbine engines



Источник: авторская разработка

Source: Authoring

Список литературы

1. *Черезов А.В., Грабчак Е.П.* Проблемы и перспективы развития производства газотурбинных установок высокой мощности в Российской Федерации // *Надежность и безопасность энергетики*. 2017. Т. 10. № 2. С. 92–97.
URL: <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2017-10-2-92-97>
2. *Чурашев В.Н., Маркова В.М.* Малая распределенная энергетика – новый вектор развития генерации в сибирских регионах // *Интерэкспо Гео-Сибирь*. 2017. Т. 3. № 2. С. 75–81.
URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/malaya-raspredeleonnaya-energetika-novyy-vektor-razvitiya-generatsii-v-sibirskih-regionah>
3. *Благих И.А., Бардашевич А.Н.* Теория композитного блага и направления его анализа // *Проблемы современной экономики*. 2017. № 4. С. 218–223.
URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=6244>
4. *Михайлов А.А.* Переход к продаже жизненного цикла как способ повышения конкурентоспособности промышленных двигателей // *Экономический анализ: теория и практика*. 2013. № 6. С. 29–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perehod-k-prodazhe-zhiznennogo-tsikla-kak-sposob-povysheniya-konkurentosposobnosti-promyshlennyh-dvigatelay>
5. *Михайлов А.А.* Метод повышения конкурентоспособности промышленных газотурбинных двигателей за счет предоставления их во временное пользование // *Экономический анализ: теория и практика*. 2015. № 23. С. 26–40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-povysheniya-konkurentosposobnosti-promyshlennyh-gazoturbennyh-dvigatelay-za-schet-predostavleniya-ih-vo-vremennoe-polzovanie.pdf>
6. *Павлов В.В., Самохвалов А.Б.* Анализ рисков и оптимизация затрат на техническое обслуживание и ремонт оборудования с использованием методик RBI и RCM // *Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ)*. 2014. № 2. С. 48–51.
7. *Беляков М.И.* Оптимизация программы обслуживания оборудования на основе методологии RCM // *Главный механик*. 2015. № 9. С. 69–74.
URL: http://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/optimization_equipment_maintenance_based_rcm.pdf
8. *Кривошеев И.А., Рожков К.Е., Симонов Н.Б.* Применение метода параметрической диагностики с использованием комплексных показателей для оценки состояния газотурбинного привода в составе газоперекачивающего агрегата // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Аэрокосмическая техника*. 2017. № 50. С. 46–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/primenenie-metoda-parametricheskoj-diagnostiki-s-ispolzovaniem-kompleksnyh-pokazateley-dlya-otsenki-sostoyaniya-gazoturbinnogo>
9. *Жернаков С.В., Иванова Н.С., Равилов Р.Ф.* Контроль и диагностика технического состояния масляной системы ГТД с использованием технологии нейронных сетей // *Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета*. 2012. Т. 16. № 2. С. 210–220. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/kontrol-i-diagnostika-tehnicheskogo-sostoyaniya-maslyanoy-sistemy-gtd-s-ispolzovaniem-tehnologii-neyronnyh-setey>

10. Голованов В.В., Василенко В.Г., Земсков А.А. и др. Методы и средства диагностики авиационных приводов при их эксплуатации по техническому состоянию // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение. 2015. Т. 14. № 3. Ч. 1. С. 213–221. URL: <http://journals.ssau.ru/index.php/vestnik/article/view/2834>

Информация о конфликте интересов

Я, автор данной статьи, со всей ответственностью заявляю о частичном и полном отсутствии фактического или потенциального конфликта интересов с какой бы то ни было третьей стороной, который может возникнуть вследствие публикации данной статьи. Настоящее заявление относится к проведению научной работы, сбору и обработке данных, написанию и подготовке статьи, принятию решения о публикации рукописи.

ON INCREASING THE ATTRACTIVENESS OF DOMESTIC INDUSTRIAL GAS-TURBINE ENGINES WHEN PARTICIPATING IN TENDERS FOR EQUIPMENT PROCUREMENT

Andrei A. MIKHAILOV

AO United Engine Corporation, Moscow, Russian Federation
andrmikhaylov@yandex.ru
ORCID: not available

Article history:

Received 22 October 2018
Received in revised form
8 November 2018
Accepted 22 November 2018
Available online
24 December 2018

JEL classification: C44, C65,
L64, O21

Keywords: industrial gas turbine, after-sales service, guaranteed life, warranty operation time, cost of ownership, lease

Abstract

Subject The article addresses the tender procedures for gas turbine equipment, where both domestic and foreign suppliers of industrial gas turbine engine participate.

Objectives The aim is to identify weaknesses of domestic industrial engine suppliers, when they participate in tenders together with foreign ones, reasons for and possible ways of problem elimination.

Methods I performed a comparative analysis of model conditions for supply of domestic and foreign industrial engines to identify the ways that help increase the competitiveness of domestic engines.

Results The paper presents a list of institutional arrangements. If implemented, they will increase the competitiveness of domestic industrial gas turbine engines.

Conclusions The improvement of standards, regulations and specifications for domestic industrial gas turbine engines, along with refinement of contracts for equipment supply with regard to additional service provision will increase their competitiveness.

© Publishing house FINANCE and CREDIT, 2018

Please cite this article as: Mikhailov A.A. On Increasing the Attractiveness of Domestic Industrial Gas-Turbine Engines When Participating in Tenders for Equipment Procurement. *Economic Analysis: Theory and Practice*, 2018, vol. 17, iss. 12, pp. 1356–1372.
<https://doi.org/10.24891/ea.17.12.1356>

References

1. Cherezov A.V., Grabchak E.P. [Problems and prospects for development of manufacture of high-capacity gas turbine plants in the Russian Federation]. *Nadezhnost' i bezopasnost' energetiki = Safety and Reliability of Power Industry*, 2017, vol. 10, no. 2, pp. 92–97. (In Russ.)
URL: <https://doi.org/10.24223/1999-5555-2017-10-2-92-97>
2. Churashev V.N., Markova V.M. [The distributed generation – the new vector of development of generation in the Siberian regions]. *Interekspo Geo-Sibir' = Interexpo GEO-Siberia*, 2017, vol. 3, no. 2, pp. 75–81. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/malaya-raspredeleonnaya-energetika-novyy-vektor-razvitiya-generatsii-v-sibirskih-regionah> (In Russ.)
3. Blagikh I.A., Bardashevich A.N. [Theory of composite good and directions of its analysis]. *Problemy sovremennoi ekonomiki = Problems of Modern Economics*, 2017, no. 4, pp. 218–223. URL: <http://www.m-economy.ru/art.php?nArtId=6244> (In Russ.)
4. Mikhailov A.A. [Transition to the life-cycle sale as a method to improve the competitiveness of industrial engines]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2013, no. 6, pp. 29–36. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/perehod-k-prodazhe-zhiznennogo-tsikla-kak-sposob-povysheniya-konkurentosposobnosti-promyshlennyh-dvigatelyey> (In Russ.)

5. Mikhailov A.A. [A method of improving competitiveness of industrial gas-turbine engines by assignment for temporary use]. *Ekonomicheskii analiz: teoriya i praktika = Economic Analysis: Theory and Practice*, 2015, no. 23, pp. 26–40. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/metod-povysheniya-konkurentosposobnosti-promyshlennyh-gazoturbinnyyh-dvigatelye-za-schet-predostavleniya-ih-vo-vremennoe-polzovanie.pdf> (In Russ.)
6. Pavlov V.V., Samokhvalov A.B. [Risk analysis and maintenance cost optimization for oil refineries by RBI and RCM methodologies]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)*, 2014, no. 2, pp. 48–51. (In Russ.)
7. Belyakov M.I. [Optimisation of equipment maintenance hardware on the basis of RCM methodology]. *Glavnyi mekhanik = Chief Mechanical Engineer*, 2015, no. 9, pp. 69–74. URL: http://trim.ru/sites/default/files/files/pdf/optimization_equipment_maintenance_based_rcm.pdf (In Russ.)
8. Krivosheev I.A., Rozhkov K.E., Simonov N.B. [Application of the parametric diagnostic method using complex indicators to assess the state of the gas turbine drive in the gas pumping unit]. *Vestnik Permskogo natsional'nogo issledovatel'skogo politekhnicheskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika = Aerospace Engineering Bulletin of Perm National Research Polytechnic University*, 2017, no. 50, pp. 46–57. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/primeneniye-metoda-parametricheskoy-diagnostiki-s-ispolzovaniem-kompleksnyh-pokazateley-dlya-otsenki-sostoyaniya-gazoturbinnogo> (In Russ.)
9. Zhernakov S.V., Ivanova N.S., Ravilov R.F. [Checking and diagnosis of technical condition of GTE oil system with use of neural network technology]. *Vestnik UGATU*, 2012, vol. 16, no. 2, pp. 210–220. URL: <https://cyberleninka.ru/article/v/kontrol-i-diagnostika-tehnicheskogo-sostoyaniya-maslyanoy-sistemy-gtd-s-ispolzovaniem-tehnologii-neyronnyh-setey> (In Russ.)
10. Golovanov V.V., Vasilenko V.G., Zemskov A.A. et al. [Diagnostic methods and tools for condition-based maintenance of aircraft drives]. *Vestnik Samarskogo universiteta. Aerokosmicheskaya tekhnika, tekhnologii i mashinostroenie = Vestnik of Samara University. Aerospace and Mechanical Engineering*, 2015, vol. 14, no. 3, part. 1, pp. 213–221. URL: <http://journals.ssau.ru/index.php/vestnik/article/view/2834> (In Russ.)

Conflict-of-interest notification

I, the author of this article, bindingly and explicitly declare of the partial and total lack of actual or potential conflict of interest with any other third party whatsoever, which may arise as a result of the publication of this article. This statement relates to the study, data collection and interpretation, writing and preparation of the article, and the decision to submit the manuscript for publication.