

ВОРОБЬЕВ МИХАИЛ ЮРЬЕВИЧ

**МЕТОДЫ ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ КОНВЕРТИРОВАНИЯ
АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
В НАЗЕМНЫХ УСЛОВИЯХ**

Специальность 08.00.05 – Экономика и управление народным хозяйством
(экономика, организация и управление предприятиями, отраслями, комплексами -
промышленность)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата экономических наук

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» (национальный исследовательский университет)

- Научный руководитель – кандидат экономических наук
Иванов Дмитрий Юрьевич
- Официальные оппоненты – доктор экономических наук
Ладшкин Альберт Иванович
- кандидат экономических наук
Макаров Андрей Николаевич
- Ведущая организация – Государственное образовательное
учреждение высшего профессионального
образования «Самарский государственный
экономический университет», г. Самара

Защита состоится 3 декабря 2010 г. в 10:00 на заседании диссертационного совета ДМ 212.215.01 при ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» (национальный исследовательский университет) по адресу: 443086, Самара, Московское шоссе, 34.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ГОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева» (национальный исследовательский университет).

Автореферат разослан 2 ноября 2010 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор экономических наук



М.Г. Сорокина

Общая характеристика работы

Актуальность исследования. В современной сложной экономической обстановке, сложившейся на предприятиях авиационного двигателестроения, актуальной становится проблема применения их продукции для нужд народного хозяйства. Уже имеется опыт применения газотурбинных двигателей (ГТД) не только в составе силовых установок самолётов и вертолётов, но и в наземных установках. Перечень таких установок довольно обширен: установки морского и речного транспорта; установки для получения сжатого воздуха, используемого в технологических целях; блочно-модульные электростанции с газотурбинным приводом; нефтеперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом и т. д.

Широкую практическую реализацию получили газоперекачивающие агрегаты с газотурбинным приводом различной производительности. Эксплуатация таких установок на природном газе показала высокую экономичность, безотказность и долговечность газотурбинного привода. Газотурбинные двигатели успешно могут использоваться в качестве привода электрогенераторов на электростанциях. Опыт эксплуатации электростанций с ГТД показал, что эксплуатационные затраты на 50 % меньше, чем затраты при эксплуатации дизельной или паротурбинной установки.

Анализ спроса показывает рост потребности в газотурбинных двигателях на предприятиях транспорта углеводородов, в секторе ЖКХ, судостроении и других отраслях экономики. Однако российские производители не могут удовлетворить потребности даже внутреннего рынка, не говоря уже о покорении мирового. В настоящее время российскими моторостроительными предприятиями выпускается до 100 ГТД наземного назначения в год, а потребность российской экономики существенно выше. До 2025 года на переоснащение действующих компрессорных станций и создание новых, развитие инфраструктуры газового комплекса понадобится до 2300 ГТД. Приблизительно такое же количество новых установок потребуется для теплоэлектростанций в разных регионах страны.

В последние годы на предприятиях газотурбинного комплекса накопились проблемы, требующие системного решения. Прогноз развития рынка диктует моторостроительному комплексу необходимость разработки и производства ГТД для их применения в наземных установках.

К одним из перспективных направлений решения данной задачи можно отнести следующие:

1 Задействовать производственные мощности авиационных предприятий для разработки и производства ГТД наземного назначения.

2 Использовать с определенными доработками авиационные ГТД, отработавшие летный ресурс на летательных аппаратах, для продолжения их эксплуатации в наземных установках до выработки располагаемого технического ресурса.

Очевидно, что второе направление с экономической точки зрения представляется более перспективным. Однако, на пути решения указанной задачи возникает проблема оценки экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных ГТД в сравнении с затратами на создание новых двигателей для наземного использования.

С учетом сказанного, задача конвертирования авиационных газотурбинных двигателей для использования их в наземных условиях является актуальной и для своей реализации требует разработки специальных методов и средств экономического обоснования.

Состояние изученности проблемы. Интерес к вопросам экономического обоснования мероприятий по реструктуризации промышленности в России появился относительно недавно и был обусловлен развитием рыночной экономики. В настоящее время опубликовано много работ, посвященных решению вопросов экономического обоснования мероприятий, связанных с реструктуризацией различных отраслей народного хозяйства. Разработке методических подходов к решению данных задач посвящены работы следующих ученых: Р.Л. Пучкова, П.Е. Смирнова, Д.А. Смирнова, В.И. Снурницына, М.А. Столяровой, Н.Б. Суховольской, А.В. Стрельцова, А.А. Селиванова, Д.П. Тибилова, Н.Д. Ульяновой и других.

Следует также отметить публикации, в которых исследованы вопросы разработки методов оценки эффективности конверсионных мероприятий применительно к особенностям российских предприятий и текущего состояния рынка. Наиболее интересными среди них являются работы В.С. Валдайцева, Е.И. Тарасевича, А.Н. Хорина, В.Ф. Палий, А.П. Ковалева, Л.П. Белых, В.В. Григорьева, М.А. Федотовой и др.

Особое место в отечественном машиностроении занимает двигателестроение и, соответственно, проблема удовлетворения нужд различных отраслей народного хозяйства в двигателях, что требует реализации различных мероприятий по их созданию, среди которых перспективным является конвертирование авиационных ГТД. При этом необходима грамотная оценка затрат при реализации различных вариантов создания техники (проектирование и производство новой, конверсия).

С учетом сказанного, актуальным является решение задач разработки методов оценки эффективности мероприятий по конвертированию авиационных ГТД для их использования в наземных условиях на различных объектах народного хозяйства.

Цели и задачи исследования. Цель исследования заключается в повышении эффективности использования авиационных ГТД в наземных условиях за счет разработки и внедрения методов и средств экономического обоснования их конвертирования.

Реализация указанной цели предусматривает решение следующих задач:

- осуществить анализ особенностей функционирования предприятий, использующих в своей работе авиационные ГТД;
- выявить особенности эксплуатации авиационных ГТД в условиях наземного применения и оценить затраты, связанные с необходимостью конструктивных доработок при конвертировании;
- сформировать систему показателей для оценки экономической эффективности новых разработок и мероприятий по конвертированию авиационных ГТД;
- провести сравнительный анализ экономической эффективности конвертируемых и вновь разрабатываемых двигателей;
- сформировать алгоритм выбора технических характеристик конвертированного двигателя в зависимости от характеристик базового двигателя и предполагаемых условий эксплуатации;
- сформулировать методику экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД.
- внедрить результаты настоящего исследования на предприятиях, разрабатывающих проектные решения по обновлению производственных мощностей газотранспортных предприятий.

Область исследования. Исследование выполнено в рамках п. 4.3 «Инвестиции в научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы, направленные на создание новой или усовершенствованной продукции», специальности 08.00.05 «Экономика и управление народным хозяйством» Паспортов специальностей ВАК (экономические науки).

Объектом исследования являются процессы конвертирования авиационных ГТД для их использования в наземных условиях.

Предметом исследования – методы и модели экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД для их использования в наземных условиях.

Основными методами исследования выбраны: функционально-стоимостный анализ, метод прогнозирования на основе экспертных оценок, методы оптимизации, методы экономико-математического моделирования.

Научная новизна результатов определяется тем, что:

1 Уточнена совокупность требований к мероприятиям по конвертированию авиационных ГТД, обеспечивающая возможность их экономического обоснования.

2 Предложен критерий, обеспечивающий возможность оценки относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных ГТД.

3 Разработана экономико-математическая модель, позволяющая решать задачи повышения эффективности компрессорных станций Единой системы газоснабжения за счет выбора оптимальной компоновки газоперекачивающих агрегатов.

4 Сформулирована методика экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД для проектов строительства новых и реконструкции действующих объектов Единой системы газоснабжения.

Практическая значимость. Результаты проведенного исследования могут быть использованы: заказчиками для самостоятельной технической и экономической оценки эффективности финансирования проектов конвертирования авиационных ГТД за счет собственных источников в соответствии с собственными потребностями; прочими инвесторами, которых интересует инвестирование перспективных программ; исполнителями, которые заинтересованы в создании конкурентоспособной продукции под заказ потребителя; проектными организациями для разработки технических решений по обновлению производственных мощностей предприятий, использующих в своей работе авиационные двигатели.

Апробация результатов исследования. Основные результаты докладывались и обсуждались на конференциях: IV Международная молодежная научная конференция «Тинчуринские чтения», Казань 2009 г., IV Всероссийская научно-практическая конференция «Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России», Самара 2009 г, Всероссийская научно-практическая конференция «Лесной и химический комплексы – проблемы и решения», Красноярск 2010 г.

По материалам диссертации опубликовано 13 работ, в том числе 2 в периодических изданиях, рекомендованных ВАК России.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 122 страницах, состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы, содержит 25 таблиц, 22 рисунка.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность выбранной темы, определена цель, объект и предмет исследования, показана научная новизна и практическая значимость работы.

Первая глава посвящена описанию объекта исследования – процессов конвертирования авиационных ГТД. Указывается, что под конвертированием понимаются процессы адаптации авиационного ГТД к наземным условиям эксплуатации. Приводится краткое описание принципов работы ГТД, позволяющее сделать заключение, что в работе авиационных ГТД и ГТД наземного назначения принципиальных отличий нет, что указывает на целесообразность конвертирования авиационных ГТД.

Раскрываются особенности процессов конвертирования авиационных ГТД. В результате сделан вывод, что выбор типа АГТД в качестве базового для применения его в той или иной установке наземного назначения должен определяться технико-экономическими показателями, предъявляемыми к конкретной установке.

Освещена проблема выбора альтернативных источников энергии для конвертируемых газотурбинных двигателей, поскольку выбор источников энергии играет большую роль при определении экономических и экологических характеристик газотурбинного двигателя, и является важным этапом при определении оптимальных вариантов создания новой техники или конвертирования существующей.

Проведен анализ особенностей эксплуатации авиационных ГТД в наземных установках, что позволило выделить основные отличия, влияющие на объем доработок и затрат при конвертировании. Результаты анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1

Особенности эксплуатации газотурбинных двигателей

| Показатель | Применение ГТД | |
|---|----------------|-----------------------|
| | В авиации | В наземных установках |
| 1 Назначенный ресурс, ч | 9000-23000 | 100000 |
| 2 Межремонтный ресурс, ч | 1500-6000 | 25000 |
| 3 Продолжительность непрерывной работы, ч | 15 | 300 |
| 4 Продолжительность запуска двигателя, с | 40-100 | 150-300 |
| 5 Вид топлива | Керосин | Природный газ |

Выполненный в первой главе анализ позволил сделать следующие выводы:

1 Наличие ресурсного потенциала у авиационных ГТД, отработавших летный ресурс, и рост спроса на ГТД наземного назначения указывает на экономическую целесообразность конвертирования авиационных ГТД.

2 Перевод авиационных ГТД при конвертировании на альтернативные источники энергии (природный газ, криогенное топливо) способствует снижению эксплуатационных затрат и улучшению экологических характеристик конвертируемых двигателей по сравнению с базовыми.

Вторая глава посвящена анализу особенностей функционирования предприятий, использующих в своей работе авиационные ГТД, на основании которого сформирована система показателей для оценки эффективности новых разработок и мероприятий по конвертированию авиационных ГТД.

Для понимания актуальности конвертирования ГТД и формулирования требований, предъявляемых к процессам конвертирования для нужд конкретного предприятия, рассмотрим особенности функционирования компании ОАО «Газпром», где эксплуатируются более 3000 ГТД.

Транспортировка природного газа на значительные расстояния осуществляется газоперекачивающими агрегатами (ГПА), входящими в состав компрессорных станций Единой системы газоснабжения. ГПА состоит из нагнетателя природного газа, привода и ряда систем жизнеобеспечения. В качестве приводов нагнетателей природного газа используются ГТД (86 % от общей мощности), электрические двигатели – 13 %, и поршневые – менее 1 %. Парк газоперекачивающих агрегатов с ГТД включает более 20 типов (около 3000 шт.) единичной мощностью от 2,5 до 25 МВт.

Широкое распространение в качестве привода нагнетателей природного газа получили конвертируемые авиационные ГТД.

В настоящее время, большинство проектов, выполняемых по заказу ОАО «Газпром», посвящено реконструкции действующих объектов Единой системы газоснабжения, таких как компрессорные станции. Основная задача реконструкции – обеспечение требуемых потоков газа. В ходе работ по реконструкции 2009-2011 г. планируется замена более 500 ГПА, что затрагивает вопрос производственных мощностей моторостроительных предприятий.

Финансирование новых разработок осуществляет ОАО «Газпром». Стоимость конвертированного двигателя гораздо ниже стоимости вновь разработанного для выполнения той же задачи народно-хозяйственного значения и соизмерима со стоимостью двигателя после проведения капитального ремонта.

Тем не менее, как при конвертировании авиационных ГТД, так и при разработке новых двигателей необходимо учитывать требования, предъявляемые к ГТД наземного назначения. Основные требования ОАО «Газпром» к ГТД наземного назначения – обеспечение высокой надежности и увеличение межремонтного ресурса. Немаловажное значение имеет коэффициент полезного действия и обеспечение экологических норм.

Заинтересованность ОАО «Газпром» в разработке различных модификаций ГТД наземного назначения, делает актуальным вопрос конвертирования авиационных ГТД. Конвертирование различных авиационных ГТД позволит сократить время на создание научно-технического задела, поскольку для разработки нового ГТД требуется 5-7 лет проектирования, доводки, прежде чем можно будет выпускать первые серийные образцы. Также ввиду недостаточности статистических данных сложно судить о надежности новых разработок и гарантировать требуемый назначенный ресурс.

В этой связи, целесообразно предложить оснащать реконструируемые компрессорные станции конвертированными ГТД, а при строительстве новых газопроводов проектировать новые двигатели с перспективными характеристиками. В то же время предлагаемые решения требуют тщательного экономического обоснования.

Таким образом, во второй главе сформулированы требования к разрабатываемым методам и средствам экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД, которые должны:

- обеспечивать учет требований предприятий, эксплуатирующих газотурбинные двигатели наземного назначения;
- позволять проводить выбор оптимальных компоновочных решений для повышения экономической эффективности как реконструируемых, так и проектируемых объектов Единой системы газоснабжения;
- учитывать производственные мощности заводов-изготовителей.

В третьей главе разрабатываются методы и средства экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД для повышения эффективности их использования в наземных условиях.

Анализ показывает, что разработка нового двигателя требует значительных капиталовложений, доходность проекта проявляется только после начала эксплуатации серийных машин. Получение требуемой доходности возможно обеспечить только через 5-7 лет. В сравнении с новой разработкой мероприятия по конвертированию авиационных ГТД окупаются за 32 месяца с начала проектных работ, что более чем в два раза быстрее. На рисунке 1 показан результат анализа динамики денежных потоков при соответствующих мероприятиях.

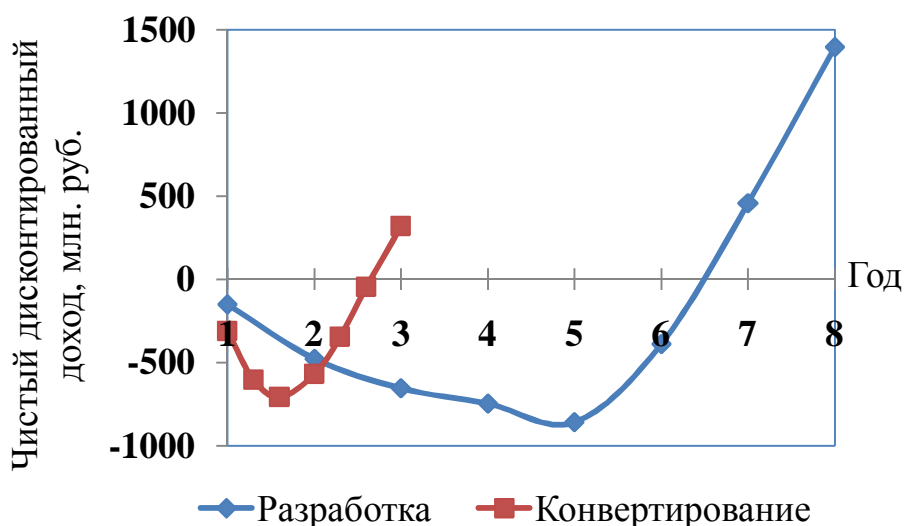


Рисунок 1 – Анализ эффективности мероприятий по конвертированию и разработке газотурбинных двигателей

Тем не менее, остается необходимость в разработке методов и средств экономического обоснования мероприятий по конвертированию авиационных ГТД, позволяющих проводить выбор оптимальных компоновочных решений для повышения экономической эффективности как реконструируемых, так и проектируемых объектов Единой системы газоснабжения.

Разработка экономико-математической модели, повышающей эффективность компрессорных станций Единой системы газоснабжения за счет выбора оптимальной компоновки газоперекачивающих агрегатов

Повышение эффективности компрессорных станций достигается за счет определения оптимального количества ГПА, при котором выполняется требуемый объем работ с минимумом затрат.

Выбор оценочного критерия для определения оптимального количества ГПА должен осуществляться в соответствии с основным функциональным назначением компрессорной станции – выполнение определенного объема работ по транспортировке природного газа. При этом необходимо определиться с набором модификаций ГПА, способных выполнять заданный объем работ Q за требуемый период времени T .

Пусть X множество модификаций ГПА, характеризующихся определенной стоимостью C_i и производительностью q_i , n – количество модификаций ГПА. Причем ГПА каждой модификации можно применять несколько раз, ограничением данного условия служит производственная мощность производителя. Тогда аналитически задачу можно записать так:

$$\begin{cases} \sum_{i=1}^n C_i \cdot x_i \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^n q_i \cdot T \cdot x_i \geq Q, \\ X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, x_i \in \{0, 1\}, 1 < i < n. \end{cases} \quad (1)$$

Учитывая длительные сроки эксплуатации ГПА (порядка 15 лет), в полученной модели (1) необходимо учесть сведения о плановых эксплуатационных затратах Z_i за требуемый период времени T .

Под плановыми эксплуатационными затратами в данной работе понимаются затраты, обусловленные паспортными значениями расхода топливного газа и масла, трудоемкости обслуживания и ремонтов, потребления электроэнергии и т.д.

Процесс эксплуатации ГПА в общем случае может быть представлен в виде линейного графика, построенного во времени (рисунок 2). Из приведенного графика видно, что за требуемый период времени T объем работ по транспортировке газа Q выполняется при использовании ГПА по прямому назначению (участки $t_{p1}, t_{p2}, t_{p3}, t_{p4}, t_{p5}$). Остальные участки соответствуют плановым ремонтам t_n , техническому обслуживанию t_T , неплановым ремонтам $t_в$ и организационным простоям $t_{опз}$.

Время простоя на конкретном техническом обслуживании или ремонте определяется трудоемкостью соответствующих работ. На основании приведенного графика можно записать еще одно ограничение, согласно которому плановый объем работ Q будет выполняться тем быстрее, чем совершенней система технической диагностики и принятая стратегия технического обслуживания и ремонта у конкретной модификации ГПА, определяющие периодичность проведения работ по техническому обслуживанию и ремонту.

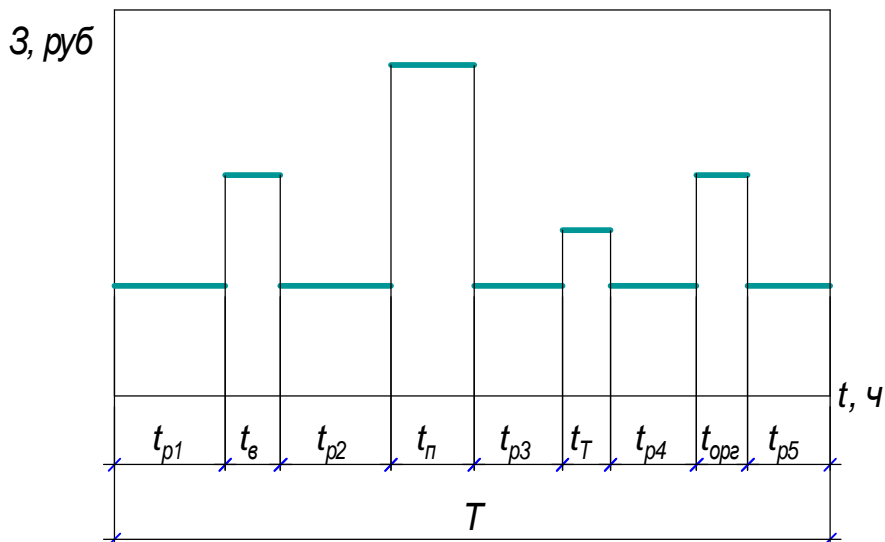


Рисунок 2 – Диаграмма эффективности использования ГПА

Опираясь на материалы настоящего исследования, введем критерий, характеризующий совершенство системы технической диагностики и принятой стратегии технического обслуживания и ремонта K_c^i , соответствующий суммарному времени простоя ГПА на плановых и неплановых ремонтах, техническом обслуживании и прочих простоях.

$$\left\{ \begin{array}{l} K_c^i = \sum_{m=1}^r t_{\Pi m}^i + \sum_{d=1}^f t_{Td}^i + \sum_{g=1}^e t_{eg}^i + \sum_{u=1}^z t_{opz_u}^i, \\ 1 < m < r, \quad 1 < i < n, \\ d < f, \quad g < e, \quad u < z; \end{array} \right. \quad (2)$$

где $K_{c_i}^i$ – критерий совершенности системы технической диагностики и принятой стратегии технического обслуживания и ремонта i -ой модификации;

$t_{\Pi m}^i, t_{eg}^i, t_{Td}^i, t_{opz_u}^i$ – продолжительности планового и непланового ремонтов, технического обслуживания, организационных простоев соответственно;

r, f, e, z – количество плановых, неплановых ремонтов, технических обслуживаний и организационных простоев соответственно.

Таким образом, заданный период времени T состоит из суммарного времени совершения полезной работы $t_{p_k}^i$ и суммарного времени простоя ГПА на плановых и неплановых ремонтах, техническом обслуживании и прочих простоях K_c^i . Кроме того, для проектов реконструкции существующих КС существенную роль приобретают габаритные размеры ГПА. Поэтому для проектов строительства и реконструкции компрессорных станций с ограничением по площади $S_{общ}$ и с учетом сказанного выше предполагается следующая модель:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^n (C_i + 3_i) \cdot x_i \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^n q_i \cdot (T - K_c^i) \cdot x_i \geq Q, \\ \sum_{i=1}^n S_i x_i \leq S_{общ}, \\ X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad x_i \in \{0, 1\}, \quad 1 < i < n. \end{array} \right. \quad (3)$$

Разработанную модель можно рассматривать в контексте выбора привода для ГПА (вновь разработанный или конвертированный ГТД). Тогда при прочих равных (плановых эксплуатационных затратах, производительности, критерии) наиболее значимым фактором для принятия решения становится стоимость привода C_i .

Работоспособность разработанной модели покажем на примере решения задачи по выбору оптимального проекта реконструкции компрессорной станции Северного ЛПУ МГ. Подготовим исходные данные в виде таблицы 2.

Постановка задачи целочисленного программирования выглядит так:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{i=1}^{20} (C_i + 3_i) \cdot x_i \rightarrow \min, \\ \sum_{i=1}^{20} q_i \cdot x_i \geq 694960, \\ X = \{x_1, x_2, \dots, x_{20}\}, \quad x_i \in \{0, 1\}, \quad 1 < i < 20. \end{array} \right. \quad (4)$$

Результат решения задачи (4) следующий: $x_{15}=1, x_{17}=6; x_i=0$ для $i \neq 15, i \neq 17$. Оптимальную компоновку компрессорной станции обеспечат 7 ГПА с конвертированными ГТД: ГПА РД-33 – 6 изделий, ГПА НК-14СТ – 1 изделие.

Номенклатура и характеристика газоперекачивающих агрегатов

| i | Мощность, МВт | q_i , млн. м ³ /сут | C_i , млн. руб | Z_i , млн. руб | Количество (на начало 2010 г) |
|--------------------------------------|------------------|-------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------------------|
| ГПА с ГТД не авиационного назначения | | | | | |
| 1 ГТК-5 | 4,40 | 7,70 | 39,5 | 1,25 | 7 |
| 2 Таурус-60 | 5,10 | 8,93 | 40,90 | 1,29 | 10 |
| 3 ГТ-750-6 | 6,00 | 10,50 | 61,65 | 1,95 | 7 |
| 4 ГПА-Ц-6,3 | 6,30 | 11,03 | 65,70 | 2,08 | 10 |
| 5 ГТК-10 | 9,50 | 16,63 | 110,80 | 3,51 | 12 |
| 6 ГПА-12 Урал | 12,00 | 21,00 | 128,65 | 4,07 | 8 |
| 7 Коберра-182 | 12,90 | 22,58 | 134,9 | 4,27 | 5 |
| 8 ГПА-16 Урал | 16,00 | 28,00 | 179,80 | 5,69 | 8 |
| 9 ГПА-Ц-16 | 16,00 | 28,00 | 201,5 | 6,37 | 5 |
| 10 ГТК-25 ИР | 22,20 | 38,85 | 192,0 | 6,07 | 4 |
| 11 ГТК-25 И | 23,90 | 41,83 | 226,34 | 7,16 | 6 |
| 12 ГТН-25-1 | 25,00 | 43,75 | 278,0 | 8,79 | 5 |
| 13 ГТН-25 | 27,50 | 48,13 | 294,37 | 9,31 | 4 |
| ГПА с конвертированными ГТД | | | | | |
| 14 Д-336 | 6,30 | 11,03 | 48,79 | 1,54 | 12 |
| 15 НК-14СТ | 8,00 | 14,00 | 62,00 | 1,96 | 10 |
| 16 ПС-90 | 12,00 | 21,00 | 81,60 | 2,58 | 15 |
| 17 РД-33 | 14,90 | 26,08 | 92,50 | 2,93 | 12 |
| 18 АЛ-31СТ | 16,00 | 28,00 | 124,60 | 3,94 | 8 |
| 19 НК-38СТ | 16,00 | 28,00 | 129,00 | 4,08 | 6 |
| 20 НК-36СТ | 25,00 | 43,75 | 175,00 | 5,54 | 4 |

Сравнительный анализ показывает, что применение разработанной модели для выбора оптимального проекта реконструкции позволяет снизить сметную стоимость строительства на 23,5%, снизить себестоимость компримирования 1000 м³ газа на 11,9% по сравнению с применением существующих методик решения данных задач.

Разработка критерия относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных двигателей

В данной диссертационной работе сформирован алгоритм выбора технических характеристик при конвертировании авиационного ГТД в зависимости от характеристик базового двигателя и предполагаемых условий эксплуатации, состоящий из трех этапов:

- 1 Выбор характеристик, обеспечивающих ресурс ГТД.
- 2 Выбор характеристик, обеспечивающих эксплуатационную технологичность.
- 3 Выбор характеристик, обеспечивающих экологические характеристики (снижение шума, вредных выбросов) ГТД.

После предварительного определения набора технических характеристик необходимо оценить целесообразность доработок с экономической точки зрения.

Для решения этой задачи предложен критерий относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных ГТД:

$$K_{AGTD} = \begin{cases} \sum_{i=1}^n \frac{\alpha_i \cdot Z_i}{\beta_i \cdot X_i} \rightarrow \min, \\ X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}, \quad 1 \leq i \leq n, \\ \alpha_i \in [1; 10], \quad \beta_i \in (0; 1]; \end{cases}$$

где K_{AGTD} – критерий относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных двигателей, руб.;

X_i – конкретная техническая характеристика из множества требуемых для обеспечения характеристик X , МВт, кг/ч, ч и т.д.;

α_i – коэффициент, учитывающий удорожание мероприятий по обеспечению требуемой количественной меры i -ой технической характеристики;

β_i – коэффициент, учитывающий степень соответствия количественной меры i -ой технической характеристики базового двигателя требованиям к ее количественной мере после проведения мероприятий по конвертированию, 1/МВт, ч/кг, 1/ч и т.д.;

Z_i – номинальные затраты на реализацию i -ой характеристики, руб.;

n – количество характеристик.

Коэффициенты α_i и β_i назначаются в результате экспертной оценки комиссией по проведению мероприятий конвертирования. В состав экспертной комиссии должны входить представители заказчика, разработчика двигателя и представители серийного завода, непосредственно реализующие мероприятия по конвертированию.

Следует отметить, что введение в рассмотрение коэффициента β_i необходимо для нормирования соответствующей технической характеристики.

Номинальное значение затрат Z_i принимается равным величине затрат на восстановление количественной меры i -ой технической характеристики при проведении капитального ремонта базового двигателя.

Рассмотрим применение разработанного критерия на примере. Допустим, что предполагается выбрать базовый двигатель (из нескольких гипотетических модификаций) для его конвертирования и сделать заключение о целесообразности доведения количественной меры технических характеристик базового двигателя до требований технического задания. В таблице 4 приведены значения технических характеристик базового двигателя и требуемое их значение для конвертируемого ГТД.

Таблица 4

Технические характеристики двигателей

| Характеристика, X_i | Базовый двигатель | | Конвертируемый |
|---|-------------------|---------|----------------|
| | 1 | 2 | |
| Назначенный ресурс, тыс. ч | –* | 19 | 100 |
| Тяга (для базового), кН/Мощность (для конвертируемого), МВт | 190/16 | 180/16 | 16 |
| Коэффициент полезного действия, % | 32 | 29 | 36 |
| Вид топлива | Керосин | Керосин | Природный газ |
| Содержание вредных веществ в выбросах, мг/м ³ (приведенное к 15% O ₂): | | | |
| • NO _x | 170 | 173 | 150 |
| • CO | 320 | 310 | 300 |

Примечание: * – двигатель эксплуатируется по техническому состоянию в пределах назначенных ресурсов основных деталей.

На практике учитывается порядка 20-30 технических характеристик. В данном примере иллюстрируется работоспособность предлагаемого критерия, поэтому ограничимся основными их них.

На основании данных таблицы 4 экспертная комиссия назначает соответствующие коэффициенты α_i и β_i и заполняет форму в виде таблицы 5.

Таблица 5

Результаты экспертной оценки

| Характеристика, X_i | α_i для базового двигателя | | β_i для базового двигателя | |
|---|--|------|----------------------------------|------|
| | 1 | 2 | 1 | 2 |
| Назначенный ресурс, тыс. 1/ч* | 4-5,26 | 5,26 | 0,19-0,25 | 0,19 |
| Тяга (для базового), кН/Мощность (для конвертируемого), 1/МВт* | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Коэффициент полезного действия, 1/%* | 1,13 | 1,24 | 0,89 | 0,81 |
| Вид топлива | В критерии учитываются только затраты на доработку топливной системы для обеспечения ее работы на газообразном топливе | | | |
| Содержание вредных веществ в выбросах, м ³ /мг* (приведенное к 15% O ₂): | | | | |
| • NO _x | 1,15 | 1,18 | 0,87 | 0,85 |
| • CO | 1,07 | 1,03 | 0,93 | 0,97 |

Примечание: * - размерность относится к коэффициенту β_i

При заполнении таблицы 5 в данной работе было принято следующее допущение – коэффициенты α_i определялись как отношение $1/\beta_i$, то есть удорожание мероприятий по обеспечению требуемой количественной меры i -ой технической характеристики обратнопропорционально степени соответствия количественной меры i -ой технической характеристики базового двигателя требованиям к ее количественной мере после конвертирования. На практике коэффициенты α_i назначаются экспертной комиссией исходя из опыта проведения подобных мероприятий и статистических данных и могут существенно отличаться от приведенных в рассматриваемом примере.

Для примера определения критерия $K_{АГТД}$ сделаем еще одно допущение – примем, что номинальные затраты на обеспечение i -ой технической характеристики одинаковы для любой X_i и составляют по 350 тыс.руб. соответственно. В результате вычислений получим: $K_{АГТД}^1 = 0,445$ млн. руб., $K_{АГТД}^2 = 0,488$ млн. руб.

Таким образом, из результатов расчета критерия видно, что целесообразно в качестве базового выбрать двигатель 1. Далее, основываясь на данных таблицы 5, экспертная комиссия принимает решение о целесообразности доведения всех перечисленных в ней характеристик до требуемой величины и начинается этап непосредственной реализации процесса конвертирования.

Кроме того, разработанный критерий позволяет:

- на начальном этапе оценки проводить выбор базового двигателя из множества авиационных для его конвертирования;
- оценивать объем работ по изменению конструкции базового двигателя;
- определять удельный вес затрат на доработку конкретного элемента конструкции в общей структуре себестоимости проводимых мероприятий;
- указывать на эффективность той или иной доработки.

Формирование методики экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД для проектов строительства новых и реконструкции действующих объектов Единой системы газоснабжения

На основании материалов исследования можно сформировать методику экономического обоснования, представленную в виде алгоритма (рисунок 3).

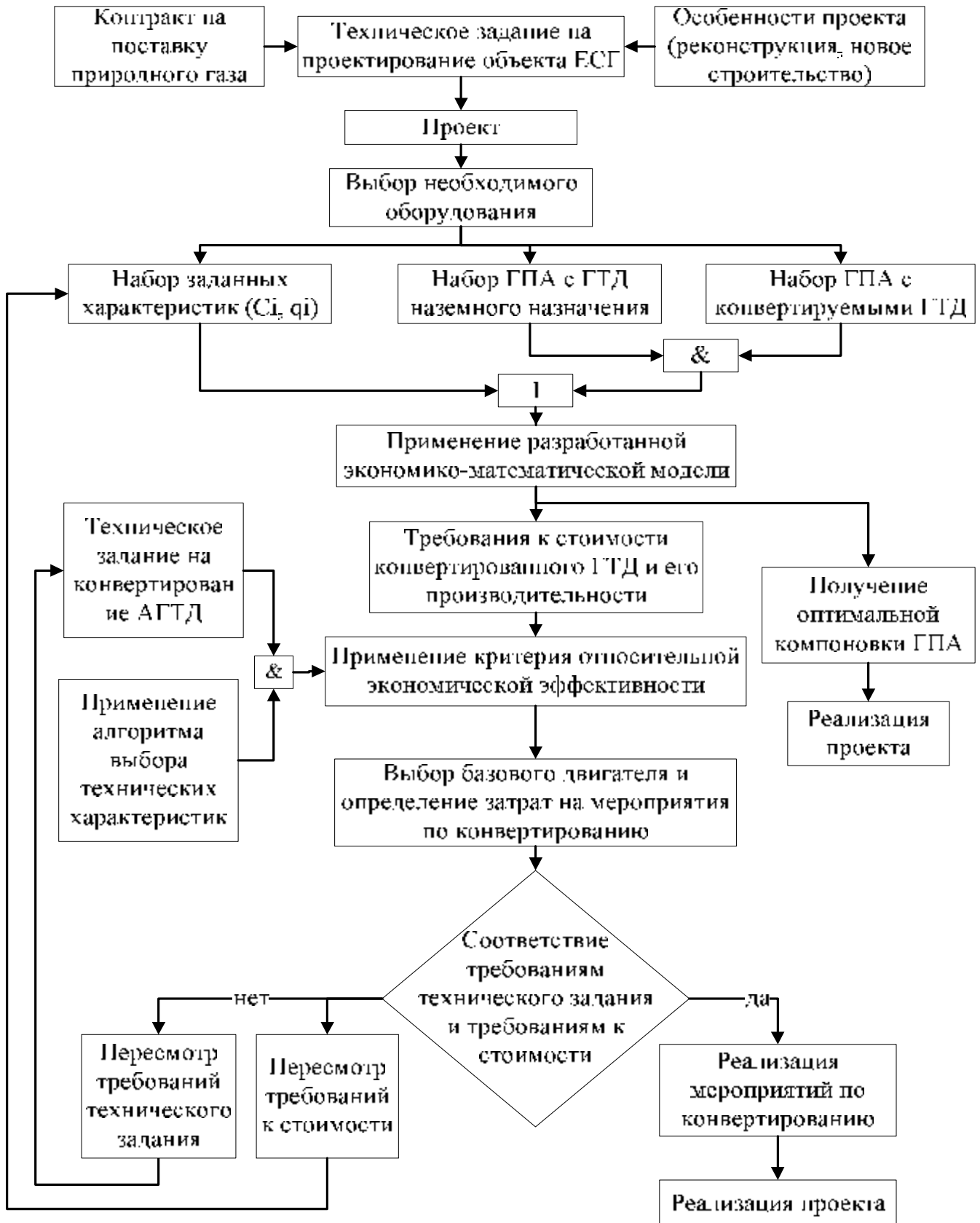


Рисунок 3 – Алгоритм экономического обоснования конвертирования АГТД

Приведенный на рисунке 3 алгоритм иллюстрирует последовательность применения разработанных в ходе настоящего исследования методов и средств экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД на практике для принятия проектных решений при проведении строительства новых или реконструкции действующих объектов Единой системы газоснабжения.

Выводы и результаты.

Разработаны и внедрены методы и средства экономического обоснования конвертирования авиационных ГТД, позволяющие повысить эффективность их использования в наземных условиях.

В ходе исследования были решены следующие задачи:

- осуществлен анализ особенностей функционирования предприятий, использующих в своей работе авиационные ГТД;
- выявлены особенности эксплуатации авиационных ГТД в условиях наземного применения и проведена оценка затрат, связанных с необходимостью конструктивных доработок;
- сформирована система показателей для оценки экономической эффективности новых разработок и мероприятий по конвертированию авиационных ГТД;
- проведен сравнительный анализ экономической эффективности конвертируемых и вновь разрабатываемых двигателей;
- сформирован алгоритм выбора технических характеристик конвертированного двигателя в зависимости от характеристик авиационного прототипа и предполагаемых условий эксплуатации;
- сформулирована методика экономического обоснования конвертирования авиационных двигателей;
- результаты настоящего исследования внедрены в ЗАО «ГазНИИпроект», разрабатывающим проектные решения по обновлению производственных мощностей газотранспортных предприятий.

Список опубликованных работ по теме диссертации.

Публикации в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1 Воробьев М.Ю. Разработка модели экономического обоснования конвертирования авиационных двигателей для применения на компрессорных станциях [текст] // Вестник СГАУ. – С.: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2010. – с. 29-34.

2 Воробьев М.Ю. Разработка критерия относительной экономической эффективности мероприятий по конвертированию авиационных газотурбинных двигателей [текст] // ГЛОБЭКСИ [Электронный ресурс]: Интернет-журнал АТиСО / Академия труда и социальных отношений – Электрон. журн. – М.: АТиСО, 2010– . – № гос. Регистрации 0420900077. – Режим доступа: <http://www.globecsi.ru/Articles/2010/Vorobyov.pdf>, свободный – Загл. с экрана.

Прочие публикации:

3 Арчибасов А.В., Воробьев М.Ю. Анализ систем запуска ГПА [доклад]// Студенческая научно-техническая конференция Самарского государственного аэрокосмического университета, №56, 2006. – Самара.

4 Воробьев М.Ю., Ковалев В.В., Солунина Т.И. Экономическая эффективность применения гидравлической системы пуска ГПА [текст] // Управление организационно-экономическими системами: моделирование взаимодействий, принятие решений:

Сборник научных статей. Выпуск 4/ Под общ. ред. Д.А. Новикова. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. 2006. – Самара. – с. 19-22.

5 Барманов И.С., Воробьев М.Ю., Солунина Т.И. Техничко-экономическое обоснование инженерных задач: методические указания [текст]. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2008. - 28 с.

6 Воробьев М.Ю. Расширение функциональных характеристик систем запуска ГТД наземного применения // Специализированный информационно-аналитический журн. «Газотурбинные технологии», № 1 (72), январь/2009. – с. 34-35.

7 Воробьев М.Ю. Новый взгляд на функциональное назначение систем запуска газотурбинных двигателей энергетических установок [текст] // Газотурбинные энергоустановки и двигатели: материалы докладов IV Международной молодежной научной конференции «Тинчуринские чтения» / Под общ. ред. Д-ра физ.-мат. Наук, проф. Ю.Я. Петрушенко. В 4 т.; Т. 3. - Казань: Казан. гос. энерг. ун-т, 2009. – с. 259-261.

8 Воробьев М.Ю. Решение задач конвертирования ГТД в современных условиях развития российской экономики [текст] // Актуальные проблемы и перспективы менеджмента организаций в России: Сб. ст. IV-й Всерос. науч.-практ. конф. Вып. 4/ Под ред. Зибарева А.Г., Новикова Д.А. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2009. – с. 9-14.

9 Воробьев М.Ю. Разработка методики экономического обоснования применения конвертированных авиационных двигателей на компрессорных станциях Единой системы газоснабжения [текст] // Проблемы экономики, финансов и управления производством: Сборник научных трудов ВУЗов России. – Иваново: Ивановский государственный химико-технологический ун-т, 2010. – с. 275-279.

10 Воробьев М.Ю. Экономические аспекты конвертирования авиационных газотурбинных двигателей в современных условиях развития российской экономики [текст] // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: Сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф. В 2 т.; т. 1. К.: Сиб. гос. технолог. ун-т, 2010. – с. 143-145.

11 Воробьев М.Ю., Иванов Д.Ю. Применение метода экспертных оценок при экономическом обосновании мероприятий по конвертированию авиационных ГТД. [текст]// Проблемы экономики современных промышленных комплексов: Сб. ст. VI-й Всерос. науч.-практ. конф. Вып. 6/ Под ред. Зибарева А.Г., Новикова Д.А. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2010. – с. 9-14.

12 Воробьев М.Ю., Иванов Д.Ю. Формирование алгоритма экономического обоснования мероприятий по конвертированию авиационных ГТД. [текст]// Проблемы экономики современных промышленных комплексов: Сб. ст. VI-й Всерос. науч.-практ. конф. Вып. 6/ Под ред. Зибарева А.Г., Новикова Д.А. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т, 2010. – с. 33-35.

Патенты:

13 Патент RU 2392465 Российская Федерация, МПК F02C 7/12. Способ охлаждения газотурбинных двигателей при аварийном (внезапном) выключении энергетических установок/ Воробьев М.Ю., Ковалев В.В.; заявитель и патентообладатель Воробьев М.Ю. – № 2008118671; заявлено 26.05.2008; опубликовано 20.06.2010 Бюл. №17.