

УДК 269.7.036:539.4

Д.Ф. СИМБИРСКИЙ, А.В. ОЛЕЙНИК*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ПРОЧНОСТНАЯ НАДЕЖНОСТЬ И РЕСУРСНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ
ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННЫХ ГТД
(ТЕРМИНОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ)**

В порядке обсуждения анализируются содержание и особенности использования введенных И.А. Биргером основных понятий и терминов по проблеме прочностной надежности элементов конструкции авиационных ГТД.

авиационные ГТД, проектирование, надежность, прочность, ресурс, безотказность**Введение**

При создании и эксплуатации силовых установок летательных аппаратов одной из основополагающих задач является обеспечение требуемого уровня их надежности. Нормативные материалы, в частности ГОСТ 27002-83, определяют надежность как сложное свойство. Ее составляющими применительно к силовой установке с АГТД являются свойства безотказности, долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости.

И.А. Биргером применительно к решению проблемы конструкционной прочности силовых установок с АГТД было сформулировано еще одно свойство – ПН (ПН) элементов конструкции, как вероятности функционирования компонента силовой установки без прочностных отказов, вызываемых разрушением или недопустимой деформацией его элементов [1, 2]. Для собственно АГТД – основного компонента силовой установки – это свойство является исчерпывающей характеристикой надежности, так как возможные функциональные его отказы (недопустимые изменения характеристик) вызываются, в основном, прочностными отказами элементов проточной части. Также были введены понятия модели ПН и ресурсного проектирования. В последующем они вошли в нормативные материалы, в качестве примера – [1], были использованы и получили дальнейшее развитие в работах ЦИАМ

им. П.И. Баранова и других научно-исследовательских организаций и конструкторских бюро отрасли. При этом основное внимание уделялось собственно АГТД (в дальнейшем изложении – АГТД) как наиболее сложному объекту ПН.

Однако, в печатных и нормативных отраслевых материалах по указанным вопросам, по нашему мнению, встречаются некоторые терминологические неточности и разночтения. В частности, это касается показателей ПН элементов, понятия ресурсного проектирования, содержания некоторых подмоделей в предложенной И.А.Биргером модели ПН и некоторых других.

В связи с этим в настоящей статье, в порядке обсуждения, приводятся соображения в части терминологических аспектов использования упомянутых выше понятий.

1. Показатели прочностной надежности элементов АГТД

Как показано в работах [1 – 5], составляющими ПН элементов АГТД являются свойства безотказности и долговечности. Из числа известных показателей этих свойств, аналитический обзор которых выполнен, в частности, в монографиях [1, 2], исходными по определению являются следующие первичные вероятностные показатели: зависимость вероятности $P(t)$ безотказного функционирования

элемента от его наработки t (в часах или циклах) и гамма-процентный ресурс τ_γ , равный наработке, в течение которой $P(t)$ не опустится ниже заданной величины γ .

Из приведенных формулировок вытекает четкая количественная взаимосвязь показателей, при чем показатель долговечности – ресурс представляется более общим показателем ПН, так как он включает показатель безотказности $P(t)$.

Анализ технической литературы показывает, что определение первичных вероятностных показателей ПН, несмотря на достигнутые успехи, в частности, в системах учета выработки ресурса АГТД [5], остается весьма затруднительным. Поэтому в отрасли, как правило, используются так называемые детерминированные показатели, основанные на изменяющихся с наработкой коэффициентах запаса прочности или долговечности элементов.

Необходимо отметить, что приведенные выше показатели, в основном, используются на этапе проектирования АГТД. На этапе эксплуатации в качестве показателей применяются различные виды технического ресурса АГРД, которые имеют очевидное технико-экономическое содержание. Их использование призвано сглаживать принципиальные противоречия между категориями экономичности и надежности и является инструментом управления эксплуатацией АГТД [5].

По-нашему мнению, в качестве показателей ПН элемента, в первую очередь должны использоваться приведенные выше первичные показатели безотказности и долговечности. С этой позиции, использование произвольных терминологических сочетаний, например, «надежность и ресурс» и т.п. представляется недостаточно обоснованным.

2. Ресурсное проектирование АГТД

При рассмотрении вопросов, связанных с созданием и эксплуатацией АГТД, практически эксклюзивно и широко используется понятие ресурсного

проектирования [1 – 3]. В трудах И.А. Биргера, а в дальнейшем в работах ЦИАМ им. П.И.Баранова под ресурсным проектированием понимается оптимальное проектирование изделий, их элементов и узлов на назначенный ресурс с учетом условий производства и эксплуатации, требований эффективности, экономичности и надежности [1].

Общий взгляд на известные подходы к проектированию других технических объектов, даже таких близких как объекты авиационной техники, в частности, самолеты и вертолеты показывает, что указанное понятие применительно к ним практически не используется, хотя их проектирование ведется в полном соответствии с приведенным выше определением.

В связи с этим, по-нашему мнению, целесообразно в понятие ресурсного проектирования вкладывать содержание, также сформулированное в работе [1], где ресурсное проектирование определяется как подсистема общей системы проектирования, ответственная за ресурс и надежность (применительно к собственно АГТД – за его ПН). Такое определение, на наш взгляд, справедливо подчеркивает уникальную по отношению ко многим техническим объектам сложность решения проблемы ПН элементов конструкции АГТД.

3. Модель прочностной надежности АГТД

Для решения проблемы ПН элементов АГТД привлекается обширная совокупность знаний по различным направлениям науки и техники, которая была квалифицирована И.А. Биргером как модель ПН элементов конструкции [2]. Там же была представлена структура этой модели, реализующая системный подход к решению проблемы.

В последующем предложенная структура детализировалась и совершенствовалась пользователями в части содержания подмоделей. В частности, на рисунке приведена структура модели ПН,

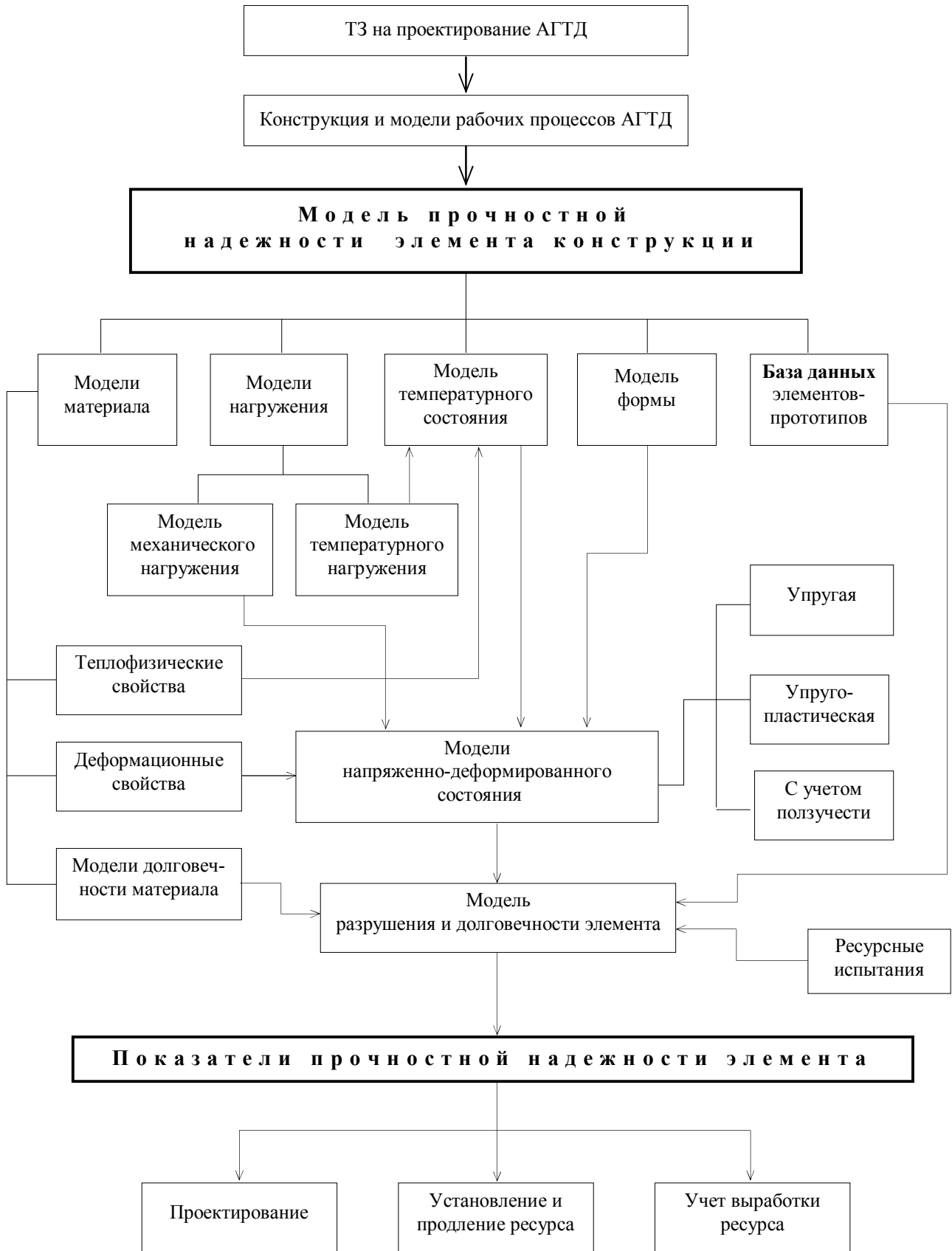


Рис. 1. Структура модели прочностной надежности элемента конструкции АГТД:

——— — информационная связь; ———> — структурная связь

используемая кафедрой конструкции авиационных двигателей Национального аэрокосмического университета «ХАИ» при разработке совместно с ГП «Ивченко-Прогресс» информационных систем мониторинга выработки ресурса транспортных ТРДД [1], а также в учебном процессе.

К настоящему времени для большинства подмоделей терминологические и понятийные аспекты не вызывают вопросов, а благодаря достижениям информационных технологий на основе МКЭ достаточно уверенно функционируют подмодели температурного состояния и НДС элементов. К числу наиболее проблемных следует отнести подмодели разрушения и долговечности при многорежимных нагружениях с учетом взаимодействия различных повреждающих факторов. Здесь представляется перспективным подход с использованием поверхности предельного состояния элемента и исследования ее кинетики в эксплуатации [1], требующий разработки соответствующих показателей ПН.

В целом, проблема выбора показателей ПН достаточно четко решена, по-нашему мнению, лишь для этапа проектирования АГТД (см. раздел 2). Приведенные там показатели могут быть частично использованы также и на этапе эксплуатации. Так, в работах [4, 5], представлены методы определения гамма-процентного ресурса на основе вычисления функции распределения повреждаемостей элементов в реальных полетных циклах и ряде других случаев.

Наиболее проблемным представляется выбор показателей ПН для этапа установления и продления ресурса, стратегия которых хотя и отличается существенным эмпиризмом, однако находится в стадии активного совершенствования [1]. Сложность этой проблемы, по-нашему мнению, во многом определяется необходимостью установления взаимосвязи между ресурсом как строгой категории надежности и упомянутыми выше разновидностями

технического ресурса АГТД и элементов их конструкции.

Литература

1. Биргер И.А. Основы ресурсного проектирования // Механика и научно-технический прогресс (в 4-х т.). – М.: Наука, 1988. – Т.4. Приложение механики к задачам технологии. – С. 174-180.
2. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 560 с.
3. Ресурсное проектирование авиационных ГТД. Руководство для конструкторов. – М.: ЦИАМ, 1990. – 208 с.
4. Лозицкий Л.П., Янко А.К., Лапшов В.Ф. Оценка технического состояния авиационных ГТД. – М.: Транспорт, 1982. – 160 с.
5. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей / Под ред. Л.П. Лозицкого. – М.: Воздушный транспорт, 1992. – 533 с.
6. Олейник А.В., Симбирский Д.Ф., Шереметьев А.В. Концепция разработки систем эксплуатационного мониторинга выработки ресурса авиационных ГТД // Авіаційно-космічна техніка та технологія. – 2005. – № 10 (26). – С. 37-41.
7. Марчуков Е.Ю., Сиротин Н.Н. Некоторые пути совершенствования методологии установления и управления расходами ресурса элементов конструкции ГТД // Конверсия в машиностроении. – 2005. – № 1-2. – С. 4-19.
8. Куевда В.К., Ножницкий Ю.А. Новые подходы к управлению ресурсами авиационных двигателей и их основных деталей // Конверсия в машиностроении. – 2005. – № 4-5. – С. 79-82.

Поступила в редакцию 31.05.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.Н. Доценко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.