

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»**

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ
АВИАЦИОННЫХ ГТД**

САМАРА 2011

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П. КОРОЛЁВА
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)»

ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ
АВИАЦИОННЫХ ГТД

*Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве методических указаний*

САМАРА
Издательство СГАУ
2011

УДК СГАУ:621.431.75(075)

Составители: *Г.Е. Мазова, А.Ю. Лыкин*

Рецензент Т.И. Солунина

Технико-экономическое обоснование автоматизации испытаний авиационных ГТД: метод. указания / сост.: *Г.Е. Мазова, А.Ю. Лыкин*. – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2011. – 24 с.

Рассматриваются вопросы определения экономической эффективности автоматизации процессов испытания авиационных ГТД (газотурбинных двигателей) применительно к информации и результатам испытаний – характеристикам двигателя и непосредственно самому объекту испытаний.

Предназначены для студентов, обучающихся по специальности 130200, выполняющих дипломные проекты и работы по проектированию и внедрению средств автоматизации процессов испытаний ГТД.

СОДЕРЖАНИЕ

1. ТЕМАТИКА ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ).....	4
2. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА.....	5
2.1. Пояснительная записка	5
2.2. Экономический эффект от внедрения средств автоматизации испытаний ГТД.....	6
2.3. Содержание, объем работ при испытаниях ГТД	8
3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА, ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ПОЛУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИСПЫТАНИИ АВИАЦИОННЫХ ГТД.....	10
4. РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ..	14
5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	17
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	23

Студенты факультета №2, обучающиеся по специальности «Двигатели летательных аппаратов», выполняют дипломные проекты, исследовательские дипломные работы, основным содержанием которых являются проектирование испытательных стендов и модернизация действующих, технологии проведения испытаний газотурбинных двигателей (ГТД).

В процессе дипломного проектирования студент должен показать глубокие знания по экономике, организации испытательных станций, НИИ, КБ, а также свое умение систематически работать по определенному, заранее разработанному плану.

1. ТЕМАТИКА ДИПЛОМНЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ)

Студенты выполняют проекты (работы) на темы, связанные с научно-исследовательской работой кафедры теории двигателей летательных аппаратов, производственными нуждами испытательных станций, ВЦ, НИИ, КБ.

Темы проектов утверждаются выпускающими кафедрами.

При подборе тематики особое внимание уделяется реальности дипломных проектов, т.е. возможности их полного или частичного использования организациями или кафедрами, по заданиям и в интересах которых они разрабатывались.

Наряду с дипломными проектами допускается выполнение дипломных работ исследовательского характера, включающих теоретические и экспериментальные исследования. От проектов такие работы отличаются творческим подходом к решению проблемы, содержанием и объемом графического материала: они могут быть посвящены исследованию общих вопросов проектирования испытательных стендов, его систем и, кроме того, разработке методик расчета или экспериментального исследования определенных технических решений проблемы испытания авиационных двигателей.

Это деление тематики носит в известной мере условный характер и не исключает наличия в дипломных проектах элементов исследования. Ценность дипломного проекта, кроме реальности темы, определяется глубиной теоретической проработки вопросов, наличием экспериментов, результаты которых могут учитываться в производственной практике.

В качестве тем разделов дипломных проектов, выполняемых студентами под руководством кафедры организации производства, предлагаются следующие виды технико-экономического обоснования:

- проект стенда для проведения испытаний двигателя со свободной турбиной;
- разработка подсистемы измерений информации;
- проект проведения испытаний системы обеспечения ГТД.

Оформляя типовой бланк задания на кафедре организации производства, необходимо указать тему раздела проекта, объем и содержание технико-экономической части проекта. Задание подписывается консультантом, руководителем проекта, утверждается заведующим выпускающей кафедрой.

При необходимости консультант может вносить некоторые изменения в задание, согласуя их с руководителем проекта.

2. ОБЪЕМ И СОДЕРЖАНИЕ РАЗДЕЛА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА

Раздел, посвященный технико-экономическим вопросам проведения испытаний авиационных двигателей, состоит из рукописных материалов пояснительной записки и графических материалов.

2.1. Пояснительная записка

Объем записки должен составлять 10-12 страниц текста, написанного чернилами на одной стороне листа формата А4. Располагать текст следует так, чтобы оставались поля для подшивки. Записка состоит из текстовой части, расчетов, таблиц, библиографического списка.

Материал пояснительной записки должен быть написан грамотно, в сжатой форме, содержать максимум собственных выводов, пояснений, что в целом позволило бы оценить умение дипломника излагать свои мысли. Аккуратность в оформлении записки свидетельствует об общей и технической культуре проектанта.

В процессе проектирования записка составляется в указанной последовательности на черновике, сдается на просмотр консультанту, после чего оформляется окончательно. Этот порядок дает возможность избежать лишних трудностей, связанных с внесением изменений в чистовой вариант записки.

При качественном выполнении всех расчетов и оформлении их в окончательном виде консультант ставит свою подпись на титульном листе пояснительной записки.

Материал раздела пояснительной записки обычно излагается по типовому плану:

1. Анализ технико-экономических показателей действующих испытательных установок или известных по литературным источникам проектов более совершенных испытательных установок, аналогичных, схожих с предлагаемым в дипломном проекте.
2. Анализ структуры трудовых, стоимостных затрат существующих систем и технологий испытаний.
3. Расчет экономического эффекта от внедрения в практику более совершенной установки для проведения испытаний.
4. Расчет текущих затрат для проведения заводских испытаний.
5. Расчет себестоимости 1 газо-часа испытания.
6. Выводы по экономическому обоснованию целесообразности использования технических решений проекта.
7. Состав графического материала.

Первые два раздела отражают порядок выполнения расчетов по действующим схемам проведения испытаний, необходимые объемы трудовых, материальных, стоимостных ресурсов. Стоимостные показатели по основным фондам; оборотным средствам дипломник уточняет по реально действующим ценам предприятия и рекомендациям консультанта.

Следует оговориться, что приведенный план подготовки раздела проекта является типовым и не может учесть всех возможных вариантов дипломных проектов, поэтому руководствоваться им нужно творчески. Типовой план составлен с учетом той последовательности, в какой дипломник обычно проходит обоснование технико-экономических вопросов решения заводских испытаний ГТД.

2.2. Экономический эффект от внедрения средств автоматизации испытаний ГТД

Экономический эффект от повышения технико-экономических показателей техники, оснащенности и технологии проведения испытаний дифференцируется в зависимости от сферы его проявления, периода времени, в течение которого он исчисляется, количества двигателей, прошедших качественное испытание.

В самом общем случае экономический эффект определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = \mathcal{E}_T + \frac{\mathcal{E}_K}{T_H} = \sum_{j=1}^{\tau} \frac{\mathcal{E}_j}{B_j},$$

где \mathcal{E} – экономический эффект от внедрения более совершенного стенда с определенными целевыми функциями, исчисляемый за весь

срок службы новой техники. Расчет может быть скорректирован студентом с согласия консультанта в зависимости от данных, которыми располагает дипломник;

\mathcal{E}_T – экономический эффект от снижения текущих затрат, приведенный к моменту начала эксплуатации новой техники;

\mathcal{E}_K – экономический эффект от снижения капитальных затрат, приведенный к моменту начала эксплуатации новой техники;

T_H – нормативный срок окупаемости;

$B_j = \frac{1}{(1 + E_{н.н.})}$ – коэффициент, учитывающий действие фактора

времени;

$E_{н.н.}$ – нормативный коэффициент приведения разновременных затрат к определенному моменту времени, в настоящее время принят 0,15;

τ – срок службы новой техники для проведения испытаний;

\mathcal{E}_j – экономический эффект на весь срок службы новой техники, выпущенной в одном (j -м) году серийного производства.

Годовой экономический эффект A_a в условиях автоматизации проведения испытаний определяется по формуле:

$$A_a = \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{pi} \cdot \nu_{pi} - \sum_{i=1}^n \mathcal{Z}_{ai} \cdot \nu_{ai},$$

где \mathcal{Z}_{pi} – стоимость разового решения i -й задачи вручную;

\mathcal{Z}_{ai} – стоимость разового решения i -й задачи на вычислительной машине;

ν_{pi}, ν_{ai} – частота решения i -й задачи вручную и на вычислительной машине.

Находим:

$$\mathcal{Z}_p = \mathcal{Z}_{pИЗМ} + \mathcal{Z}_{pОБР},$$

здесь $\mathcal{Z}_{pИЗМ}$, $\mathcal{Z}_{pОБР}$ – затраты на измерение, снятие информации и обработку ее при ручном способе.

$$\mathcal{Z}_{pИЗМ} = r_{МОТ} \cdot T_{pИЗМ},$$

здесь $r_{МОТ}$ – часовая тарифная ставка моториста;

$T_{pИЗМ}$ – время измерения, снятия информации при ручном способе.

$$T_{pM3M} = \sum_{i=1}^n t_i,$$

здесь n – число параметров.

Вычисляем:

$$З_{pOBR} = r_{pac} \cdot T_{pOBR} \cdot Q,$$

где r_{pac} – часовая тарифная ставка расчетчика;

Q – число расчетчиков, занятых обработкой данных;

T_{pOBR} – время обработки данных вручную.

Определим:

$$З_a = \sum_{i=1}^n C_{ai} \cdot F_{ai},$$

где C_{ai} – стоимость обработки единицы информации i -го вида в условиях автоматизации процесса;

F_{ai} – объем информации i -го вида, обрабатываемой с помощью вычислительной техники.

2.3. Содержание, объем работ при испытаниях ГТД

Содержание работ, проводимых на стенде, объем, длительность испытаний зависят от различных причин: конструктивной сложности, технико-тактических параметров двигателя; программы, технологии испытания; качественной работоспособности стенда и его систем; квалификации обслуживающего персонала; требований заказчика. Каждый двигатель проходит кратковременные испытания.

Один двигатель из партии за определенный срок выпуска выборочно проходит длительные комиссионные испытания, которыми проверяется надежность двигателя и стабильность основных параметров рабочего процесса при длительной работе.

Длительность проведения любого испытания измеряется в станко-часах и складывается из следующих элементов: времени установки двигателя на станок и оборудование; прогрева и приработки двигателя; внешнего осмотра; подготовки к сдаче заказчику; регламентных работ (для двигателей, находящихся на длительных или специальных испытаниях) и времени снятия двигателя со станка. Время, определяемое непосредственно испытанием двигателя по программе, его отладкой, измеряется в газо-часах.

Трудоемкость проведения операций процесса испытания, содержание, порядок выполнения их, объем работ для двигателей больших тяг приведены в табл. 1 (цифры условные).

Таблица 1

№ п/п	Наименование операции	Трудоемкость испытания, станко-часы	
		сдаточного	контрольного
1	Монтаж изделия на стенд и проведение подготовительных работ	6	6
2	Расконсервация изделия, запуск и отработка малого газа	3	6
3	Приработка изделия. Отработка параметров и проверка соответствия характеристик	2	4
4	Тарировка системы замеров, подготовка к снятию характеристик, снятие бесфорсажной характеристики	3	6
5	Осмотр изделия, тарировка системы замеров тяги, отработка характеристики	2	6
6	Отладка: выключение охлаждения турбины; площадки максимального бесфорсажного режима и проверка отладок и регулировок	3	3
7	Проверка настройки и отладки регуляторов, отладка включения форсажа	2	2
8	Проверка выключения топливных контуров и отладка тяги на взлете с форсажем	1	1
9	Снятие форсажной характеристики, осмотр и отработка характеристики	2	2
10	Проверка времени приемистости и сброса газа, осмотр регулировки и проверка приемистости	2	2
11	Подготовка к акту сдачи, акт сдачи, осмотр изделия после акта сдачи	–	8
12	Подготовка и проверка на запас газодинамической устойчивости	–	–
13	Консервация изделия	2	2
14	Демонтаж и отправка в монтажный зал	4	4
Всего		32	52

Обозначим общее время нахождения двигателя на станке в течение монтажных работ и испытаний: сдаточных – A , контрольных – B , специальных – C , длительных – D и повторных – E . Величины $ABCDE$ определяются программой испытаний.

Количество двигателей, проходящих специальные испытания, принимается равным $K_1 = 0,025N_{ДВ}$. Количество двигателей, проходящих длительное испытание K_2 , определяется техническими условиями на испытания. При учете величины загрузки станка во время длительных испытаний необходимо прибавить 20% на проведение регламентных работ. Количество двигателей, проходящих повторные испытания, принимается равным $K_3 = 0,1N_{ДВ}$. Время повторного испытания берется равным времени сдаточного и контрольного, т.е. $E = A + B$. Тогда объем работ проведения испытаний или суммарная годовая трудоемкость в часах определяется по формуле:

$$O_T = [1,1(A + B) + 0,025C + 1,2D] \cdot N_{ДВ}.$$

3. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РАСЧЕТУ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ АВТОМАТИЗАЦИИ СБОРА, ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ПОЛУЧЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИ ИСПЫТАНИИ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Методика расчета экономической эффективности основана на сравнении приведенных затрат по сбору информации одного замера и последующей обработке данных в условиях базового и проектируемого вариантов получения характеристик исследуемого двигателя. Годовой экономический эффект в этом случае определяется по формуле:

$$\Theta = [(C_1 + E_{И} \cdot K_1) - (C_2 + E_{И} \cdot K_2)] \cdot N_{ИЗМ},$$

где C_1, C_2 – себестоимость получения и обработки информации одного замера соответственно до и после внедрения автоматизированной системы испытаний;

K_1, K_2 – удельные капитальные вложения по сбору и обработке информации одного замера соответственно до и после внедрения автоматизации проведения испытаний;

$E_{И} = 0,33$ – нормативная сравнительная экономическая эффективность.

Для определения годового экономического эффекта необходимо рассчитать величины капитальных затрат и себестоимость одного замера информации при испытании ГТД.

В условиях автоматизации процессов испытаний удельные капитальные затраты складываются из:

$$K_{y\partial} = K_{об} + K_{МО},$$

где $K_{об}$ – удельные капитальные затраты по сбору, обработке и получению результатов с одного замера информации по программе испытаний ГТД (использование оборудования).

В свою очередь:

$$K_{об} = \frac{K_{\sigma} \cdot \gamma}{N_{ИЗМ}},$$

где K_{σ} – балансовая стоимость вычислительного комплекса (управляющий вычислительный комплекс, периферийные и центральные пульта управления, устройства наглядного отображения информации и т.д.). Материал о стоимостных и технико-экономических характеристиках дипломант собирает в период прохождения преддипломной практики на ВЦ и испытательной станции;

γ – коэффициент полезного использования техники.

$$K_{\sigma} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{ИЗМ}} K_i \cdot \gamma_i}{N_{ИЗМ}},$$

где K_i – стоимость входящих устройств i -вида системы средств $N_{ИЗМ}$ вычислительной техники.

$K_{МО}$ – удельные капитальные затраты, приходящиеся на одно измерение информации по созданию автоматизированной системы испытаний:

$$K_{МО} = \frac{З_{МО}}{N_{ИЗМ}},$$

где $З_{МО}$ – суммарные затраты по созданию математического обеспечения автоматизированной системы испытаний ГТД. Полученные расчетные данные сводятся в табл. 2.

Таблица 2

Удельные капитальные затраты (в рублях)	Условные обозначения	Базовый вариант	Внедряемый вариант
Сбор, обработка, получение результатов с 1-го замера информации (использование оборудования)	$K_{об}$	$K_{об1}$	$K_{об2}$
Создание математического обеспечения	$K_{МО}$	–	$K_{МО}$
Одно измерение	$K_{уд}$	$K_{об1}$	$K_{об2} + K_{МО}$

По характеру действия $Z_{МО}$ – единовременные капитальные вложения, значительные по величине, отражающие сложный, трудоемкий процесс создания математического обеспечения автоматизированной системы испытаний ГТД.

Проектируя математическое обеспечение в конкретных условиях автоматизации испытаний, дипломант должен учитывать, что эффективность функционирования автоматизированной системы стендовых испытаний ГТД в значительной мере зависит от алгоритмов технологических процессов, методики проведения информации к виду, необходимому для обработки на ЭВМ, а также от совокупности программ для самой управляющей ЭВМ с тем, чтобы система была в состоянии выполнять следующие функции:

- управляющие устройствами стенда при тарировке измерительных каналов и обработке полученных результатов;
- взаимодействие с оператором через пульт управления и индикации;
- слежение за текущим состоянием системы и ввод указаний оператора через терминалы: пульта управления, вводные устройства;
- управление коммутаторами, преобразователями и т.д.;
- измерение параметров двигателя и стендовых систем;
- обработка результатов измерений для придания им нужного вида (вычисление комплексных параметров, приведение к САУ и т.д.);
- построение характеристик двигателя;
- оценка качественных характеристик двигателя на соответствие ТУ;
- выработка оптимальных корректирующих воздействий;
- реализация принятых решений;
- хранение результатов измерений и других данных в ЗУ ЭВМ для последующего использования;

- воспроизведение результатов на пульте управления, печатающем устройстве, графопостроителе, перфораторе, экране и других устройствах вывода информации;
- диспетчеризация задач испытаний при обслуживании ряда испытанных стендов.

При этом программы выполнения перечисленных функций должны использовать минимальный объем памяти различного вида запоминающих устройств, а также обеспечивать удобство в эксплуатации и несложность при их составлении и отладке. Эффективность математического обеспечения автоматизированной системы испытаний и контроля ГТД в значительной мере определяется математическим обеспечением ЭВМ, которое, в свою очередь, должно позволить решать все задачи, возникающие при стендовых испытаниях авиационных двигателей. Одним из основных требований к математическому способу программирования является возможность быстрого ввода изменений в программы и временного прерывания программ без нарушения общего хода испытаний.

В табл. 3 приведены значения некоторых капитальных затрат при проектировании и оснащении испытательных станций.

Таблица 3

Наименование оборудования	Краткая техническая характеристика	Стоимость единицы, руб.
Подмоторная рама для изделия	Ст.3	640
Воздухогазосборник	1X18Н19Т	10000
Регулирующий орган	С водяным охлаждением	20000
Смеситель	Ст.2X13	3600
Заборная камера	Ст.3	3600
Термобарокамера	Разъемная с теплоизоляцией, Ст.20	15600
Эжектор для испытаний	Ст.3	12000
Монтажно-обслуживающая площадка	Ст.3	5220
Агрегат весового расхода топлива	Вес 500л	1946
Подогреватель топлива	1X18Н9Т г/час – 30 т/ч t = 200°C	13800
Вертикальный глушитель		43453
Вертикальный глушитель выхлопа по типу с лестницами и площадками		14770

4. РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Методика определения себестоимости сбора, обработки информации и получение результатов одного замера информации основана на определении суммы текущих издержек, характерных для варианта технологии сбора, обработки информации и получения результатов проведения испытаний ГТД.

Себестоимость (в рублях) определяется:

- а) до внедрения автоматизации испытаний по формуле:

$$C_1 = Z_{ЗП1} + Z_{П1} + Z_{a1},$$

- б) после внедрения автоматизации испытаний по формуле:

$$C_2 = Z_{ЗП2} + Z_{П2} + Z_{a2} + Z_{ЭВМ},$$

где $Z_{ЗП1}$, $Z_{ЗП2}$ – затраты на заработную плату соответственно техника-расчетчика и оператора ЭВМ (с начислениями и добавлениями);

$Z_{П1}$, $Z_{П2}$ – затраты на аренду помещения;

Z_{a1} , Z_{a2} – затраты на амортизацию оборудования;

$Z_{ЭВМ}$ – затраты по использованию ЭВМ для решения задач по программе испытаний.

Значения составляющих себестоимости последовательно могут быть определены следующим образом.

Затраты на заработную плату исполнителя:

а) $Z_{ЗП1} = t_1 \cdot \text{ч}_T$;

б) $Z_{ЗП2} = t_2 \cdot \text{ч}_O$;

где ч_T , ч_O – часовые тарифные ставки с начислениями и добавлениями (премия, социальное страхование, дополнительная заработная плата) соответственно техника-расчетчика и оператора ЭВМ;

t_1 , t_2 – трудоемкость выполнения операций программы испытаний по одному замеру информации (в часах) соответственно по вариантам:

а) $t_1 = t_{o1} + t_{д1} = t_{o1} + \text{ч}_{д1} \cdot n_1$;

б) $t_2 = t_{o2} + t_{д2} = t_{o2} + \text{ч}_{д2} \cdot n_2$;

где t_{o1} , t_{o2} – трудоемкость снятия и обработки информации, получения результатов по одному замеру информации соответственно по вариантам;

$t_{Д1}, t_{Д2}$ – трудоемкость оформления технической документации по результатам проведения испытания соответственно по вариантам;

$ч_{Д1}, ч_{Д2}$ – трудоемкость оформления (норма времени) одного листа технической документации соответственно по вариантам;

n_1, n_2 – количество листов технической документации отчета о проведении испытаний соответственно по вариантам.

Автоматизация процесса испытаний накладывает новые требования на качество оперативной информации о ходе испытаний. Информация должна быть наглядной, конкретной и стандартной формы представления. В связи с этим, автоматизация процесса испытаний требует изменения форм и содержания как технической документации на испытание, так и отчетной документации по результатам испытаний.

Предлагая в дипломном проекте новые формы технической документации, студент должен подчеркнуть полноту содержания, простоту восприятия, наглядность и иллюстративность предлагаемого материала.

Затраты на аренду помещения:

$$З_{П1} = \frac{S_1 \cdot C_{S1}}{N_{ИЗМ1}},$$

$$З_{П2} = \frac{S_2 \cdot C_{S2}}{N_{ИЗМ2}},$$

где S_1, S_2 – производственные площади, используемые для размещения оборудования соответственно по вариантам;

C_{S1}, C_{S2} – нормативы затрат, связанные с использованием одного квадратного метра производственной площади;

$N_{ИЗМ1}, N_{ИЗМ2}$ – количество замеров информации (число испытаний на стенде) в течение года.

Затраты на амортизацию

- *оборудования:*

$$З_{a1} = \frac{K_{б1} \cdot H_a}{100 \cdot N_{ИЗМ1}};$$

- *всего управляющего комплекса:*

$$З_{a2} = \frac{K_{б2} \cdot H_a}{100 \cdot N_{ИЗМ2}} = \frac{(K_{б1} + K_{ек}) \cdot H_a}{100 \cdot N_{ИЗМ2}},$$

где $K_{б1}$ – балансовая стоимость оборудования по измерению, снятию информации (датчики, преобразователи и т.д.);

$K_{\delta 2}$ – балансовая стоимость всего управляющего вычислительного комплекса $K_{\delta 2} = K_{\delta 1} + K_{\text{ек}}$;

$K_{\text{ек}}$ – балансовая стоимость вычислительного комплекса;

H_a – норма годовых амортизационных отчислений.

Затраты на использование ЭВМ:

$$Z_{\text{ЭВМ}} = C_{M2} \cdot t_{\text{РЕШ}},$$

где C_{M2} – себестоимость одного часа работы на ЭВМ в условиях автоматизации процесса испытаний ГТД;

$t_{\text{РЕШ}}$ – время решения задач по программе испытаний ГТД.

По аналогии предыдущих расчетов составляющих затрат себестоимости можно представить:

$$Z_{\text{ЭВМ}} = \frac{C_{\text{ЭВМ}} \cdot \Phi_{\text{Д}}}{N_{\text{ИЗМ}}},$$

где $\Phi_{\text{Д}}$ – действительный фонд времени по использованию ЭВМ для решения задач проведения испытаний ГТД в течение года:

$$\Phi_{\text{Д}} = \Phi_{\text{ПОЛ}} \cdot \gamma,$$

где $\Phi_{\text{ПОЛ}}$ – полезный фонд времени работы ЭВМ в течение года;

γ – коэффициент использования ЭВМ для решения задач проведения испытаний ГТД в течение года.

Полученные расчетные данные сводятся в табл. 4.

Таблица 4

Затраты	Условное обозначение	Единица измерения	Базовый вариант	Внедряемый вариант
Сбор, обработка информации получения характеристик ГТД по результатам 1-го испытания (замера)	C	руб	C_1	C_2
Заработная плата исполнителей	$Z_{\text{ЗП}}$	руб	$Z_{\text{ЗП}} = t_1 \cdot \text{ч}_T$	$Z_{\text{ЗП}} = t_2 \cdot \text{ч}_O$

Затраты	Условное обозначение	Единица измерения	Базовый вариант	Внедряемый вариант
Трудоемкость выполнения операций программы испытаний по одному снятию и замеру информации	t	ч	$t_1 = t_{o1} + t_{д1}$	$t_2 = t_{o2} + t_{д2}$
Аренда помещения	$З_{П1}$	руб	$З_{П2}$	–
Амортизация оборудования	$З_a$	руб	$\frac{K_{б1} \cdot H_a}{100 \cdot N_{ИЗМ1}}$	$\frac{K_{б1} + K_{вк}}{100 \cdot N_{ИЗМ2}} \cdot H_a$
Использование ЭВМ	$З_{ЭВМ}$	руб	–	$C_{М2} \cdot t_{РЕШ}$

5. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Автоматизация процессов испытаний авиационных ГТД дает значительный экономический эффект, механизм действия которого проявляется на различных стадиях производственного цикла двигателя.

Результатом автоматизации испытаний на различных стадиях проектирования, создания и эксплуатации ГТД (рис. 1) является ускорение процесса его доводки, трудоемкость которого от общей трудоемкости изготовления изделия занимает, как правило, до 70%. Особенно важен подобный результат в условиях, когда при больших назначенных ресурсах работы двигателей серийное освоение их начинается еще до полной отработки на опытно-конструкторской стадии. Увеличение объема получаемой при автоматизированных испытаниях информации и одновременное сокращение времени ее обработки, возможность выбора оптимальных решений приводит к сокращению всего цикла доводочных испытаний и связанных с этим расходов.

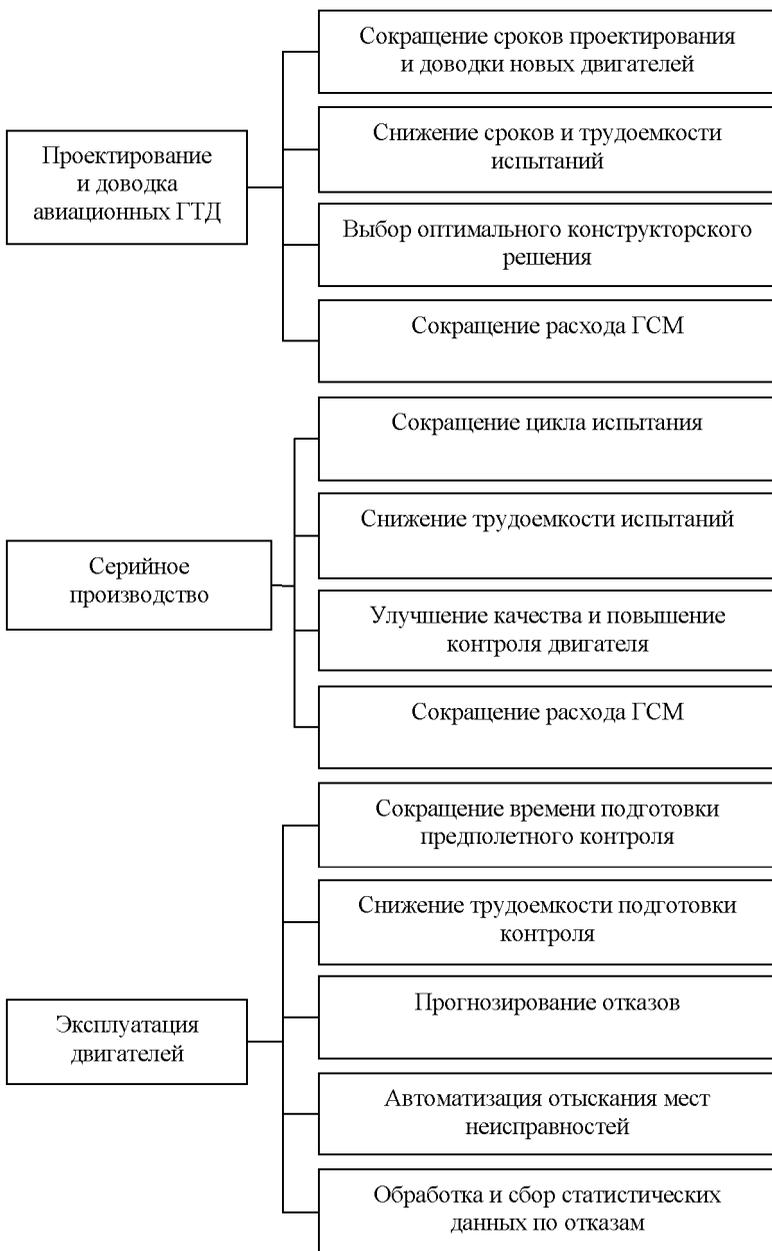


Рис. 1

В этом случае экономия затрат по проведению автоматизации испытаний ($\Delta Z_{ИСП}$) может быть определена по формуле:

$$Z_{\Delta ИСП} = Z_{\text{баз}} - Z_{\text{авт}} = C_{\text{ст-час}} \cdot (T_{1ИСП} - T_{2ИСП}),$$

где $C_{\text{ст-час}}$ – себестоимость одного станко-часа испытаний;

$T_{1ИСП}, T_{2ИСП}$ – длительность цикла проведения испытаний соответственно по базовому варианту и после автоматизации;

$Z_{\text{баз}}, Z_{\text{авт}}$ – затраты на проведение испытаний соответственно по базовому варианту и после автоматизации.

За базу сравнения принимается вариант действующей технологии проведения испытания.

Действующая технология предусматривает традиционные методы сбора, обработки, анализа информации и контроля процесса испытания или элементы механизации, используя опыт родственных отраслевых предприятий и зарубежной практики.

Одним из важнейших источников экономической эффективности является сокращение общего времени цикла испытаний и повышение в результате этого коэффициента использования испытательного оборудования $K_{ис}$, что равнозначно повышению его пропускной способности.

$$\Delta K_{ис} = \frac{O_{\text{ма}} - O_{\text{мд}}}{\Phi_{\text{раб}}} \cdot 100\%,$$

где $O_{\text{ма}}, O_{\text{мд}}$ – годовой объем (трудоемкость), проводимых на стенде испытаний соответственно при автоматизации и в действующих условиях;

$\Phi_{\text{раб}}$ – действительный фонд времени работы одного стенда, определяется по формуле:

$$\Phi_{\text{раб}} = (D_{\text{кален}} - D_{\text{празд}}) \cdot C \cdot P \cdot K_{\text{ПОТ}},$$

где $D_{\text{кален}}$ – годовой фонд времени по календарю;

$D_{\text{празд}}$ – число праздничных дней в году;

C – принятое число рабочих смен в сутки;

P – продолжительность смены, ч;

$K_{\text{ПОТ}}$ – коэффициент характеризует потери времени на ремонт оборудования, профилактику и простои по организационно-техническим причинам.

Сокращение цикла испытаний при автоматизации технологического процесса достигается путем уменьшения времени выполнения этапов: отладки параметров и систем двигателя в результате корректирующих воздействий на 25-30%, математической обработки результатов измерений на 70-80%, режимной работы двигателя на 20-25%.

В табл. 5 приведены сравнительные данные по времени ручной и автоматизированной математической обработки результатов испытаний ТРДД с реверсом тяги на отдельных этапах сдаточных испытаний.

Таблица 5

Этап сдаточных испытаний	Время обработки информации, мин	
	вручную	при автоматизации испытаний
Оценка характеристики	20	5
Оценка отлаженности тяги	30	8
Обработка отладочной характеристики	120	17
Оценка характеристики	25	5
Оценка реверса тяги	80	10
Оценка параметров «взлетного» режима	15	3
Акт сдачи сдаточных испытаний	100	10
Итого	390	58

Проведя рекомендуемые в методических указаниях расчеты, студент должен провести сравнительный анализ и отразить, что объем работ (трудоемкость) по испытаниям изменяется из-за сокращения цикла испытаний. Кроме того, автоматизация испытаний приводит к уменьшению штата расчетчиков, сокращению численности бригады испытателей и, в конечном счете, к значительной экономии текущих расходов по заработной плате. Сокращается также трудоемкость сборки двигателя, так как уменьшается число необоснованных повторных его переборок ввиду повышения точности измерения параметров и обработки результатов.

Другим источником экономической эффективности автоматизации испытаний является улучшение качества выпускаемых двигателей. Известно, что при заданных допусках на параметры из-за наличия погрешностей визуальных измерений и ручных методов обработки информации возможен выпуск двигателей с параметрами, выходящими за пределы допустимых значений. Автоматизация регистрации парамет-

ров объекта испытаний, применение оптимальных методов построения характеристик двигателя позволяют повысить точность оценки его состояния и исключить случаи попадания в эксплуатацию двигателей с отклонениями значений их параметров выше предельно допустимых.

Существенный эффект дает оптимизация отладки двигателя. Использование алгоритмов оптимальной отладки обеспечивает такое состояние параметров двигателя, при котором его элементы в процессе эксплуатации работают в наиболее благоприятных условиях, что увеличивает межремонтный срок службы и общетехнический ресурс двигателя. Экономический эффект от повышения качества выпускаемых двигателей \mathcal{E}_p необходимо оценить по изменению себестоимости часа ресурса двигателя исходного и повышенного качества:

$$\mathcal{E}_p = \left(\frac{C_1}{T_{P1}} - \frac{C_2}{T_{P2}} \right) \cdot T_H \cdot N,$$

где C_1, C_2 – стоимость двигателя исходного и улучшенного качества, руб.;

T_{P1}, T_{P2} – соответственно гарантийные ресурсы двигателя, ч;

T_H – средняя годовая наработка двигателя, ч;

N – число двигателей, находящихся в эксплуатации в течение года.

Изменения ресурса двигателя приводит также к изменению затрат при его капитальном ремонте, которые можно оценить как:

$$\mathcal{E}_K = \left(\frac{C_{K1}}{T_{P1}} - \frac{C_{K2}}{T_{P2}} \right) \cdot T_H \cdot N,$$

где C_{K1}, C_{K2} – затраты на капитальный ремонт двигателя соответственно исходного и улучшенного качества.

Можно принять:

$$C_{K1} = C_{K2} = C_K \approx 0,3C.$$

Следующим источником экономической эффективности автоматизации испытаний ГТД является сокращение расходов горюче-смазочных материалов (ГСМ):

$$\Delta G_{ГСМ} = \partial_{ГСМ} \cdot \Delta T,$$

где $\Delta G_{ГСМ}$ – экономия ГСМ на сокращении времени до определенного минимума наработки двигателя;

$\partial_{ГСМ}$ – часовой расход ГСМ.

$$\Delta T = T_{U1} - T_{U2},$$

где ΔT – уменьшение времени работы двигателя на основных режимах в результате сокращения потребного времени на измерение параметров, совмещение ряда операций, этапа отладки параметров;

T_{U1}, T_{U2} – время проведения испытания соответственно до и после введения автоматизации.

Экономический эффект, достигаемый автоматизацией контроля ГТД на стадии эксплуатации, может быть получен за счет:

- сокращения времени предполетного контроля, что приводит в конечном счете к сокращению наработки двигателя на земле;
- автоматизации отыскания мест неисправностей;
- снижения трудоемкости контроля;
- возможности прогнозирования отказов;
- экономии ГСМ;
- повышения готовности летательного аппарата к полету, его надежности и достоверности результатов контроля.

В настоящее время распространенные методы обнаружения и локализации неисправностей силовой установки при предполетном контроле представляет собой трудоемкую операцию, занимающую значительное время. Известно, что не только возрастает опасность предпосылки летных происшествий, но и стоимость ремонта двигателя существенно возрастает, если неисправность обнаружена несвоевременно и двигатель с ней продолжает эксплуатироваться. Следовательно, своевременное обнаружение неисправностей и принятие соответствующих профилактических мер чрезвычайно важно.

Автоматизация контроля двигателей на стадии эксплуатации, современные методы раннего обнаружения дефектов позволяют увеличить межремонтный срок службы авиационных ГТД и уменьшить число двигателей, досрочно снятых с эксплуатации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Григорьев, В.А. Стенды, стендовое оборудование, датчики и средства измерений при испытаниях ВРД [Текст] : учеб. пособие / В.А. Григорьев, И.И. Морозов, В.Т. Анискин ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева. – Самара : Изд-во СГАУ, 2006. – 63 с. – (Приоритетные национальные проекты «Образование»). – ISBN 5-7883-0433-4: 38.

Имеется электрон. аналог.

СГАУ:6

А 224

Григорьев, В.А. Автоматизация испытаний и научных исследований ГТД [Текст] : учеб. пособие / В.А. Григорьев ; Федер. агентство по образованию, Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С.П. Королева. – Самара : Изд-во СГАУ, 2007. – 133 с. – (Приоритетные национальные проекты «Образование»). – ISBN 978-5-7883-0622-3.

А 224

Автоматизация испытаний и контроля авиационных ГТД [Текст] / Г.П. Шибанов [и др.]. – М. : Машиностроение, 1977. – 297 с. : ил.

Технико-экономическое обоснование автоматизации испытаний авиационных ГТД [Текст] : метод. указания / СГАУ им. ак. С.П. Королева ; сост. Г.Е. Мазова, А.Ю. Лыкин. – Самара: [б.и.], 2006. – 22 с.

Учебное издание

**ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ
АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЙ
АВИАЦИОННЫХ ГТД**

Методические указания

Составители: *Галина Ермолаевна Мазова,
Александр Юрьевич Лыкин*

Редактор Т. С. Петренко
Доверстка Т. С. Петренко

Подписано в печать 13.10.2011. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Печ. л. 1,5.
Тираж 50 экз. Заказ . Арт. С – М10/2011.

Самарский государственный
аэрокосмический университет им. академика С.П. Королёва.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного
аэрокосмического университета им. академика С.П. Королёва.
443086, Самара, Московское шоссе, 34.