

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ордена ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени АКАДЕМИКА С. П. КОРОЛЕВА

ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА ЛЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Учебное пособие

Под редакцией Н. И. Моренкова

КУЙБЫШЕВ 1990

Авторы: А. Н. Моренков, Б. А. Углов, М. А. Пильник, В. Я. Щеголев

УДК 629.7.658.5.003.13

Летные испытания и организация работ на летно-испытательных станциях: Учеб. пособие / А. Н. Моренков, Б. А. Углов, М. А. Пильник и др.; Куйбышев, авиац. ин-т. Куйбышев, 1990. 175 с.

Приведена классификация испытаний, ее структурные схемы, определены основные задачи, решаемые летно-испытательными подразделениями, дан обзор значения наземных и летных испытаний летательных аппаратов (ЛА) на современном этапе развития производства, описаны виды испытаний и их систем. Дается методика подготовки ЛА к проведению испытаний и самих испытаний. Рассматриваются вопросы автоматизированной обработки на ЭВМ результатов летных испытаний, меры безопасности при обслуживании и эксплуатации ЛА в нормальных и нестандартных ситуациях, а также технико-экономические расчеты и планирование работ на ЛИСе.

Пособие предназначено для студентов спец. 0535, 1610 и 0537, а также может быть полезно авиационным инженерам, специализирующимся в области летных испытаний.

Табл. 23, ил. 43, библиогр.-21 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Куйбышевского ордена Трудового Красного Знамени авиационного института имени академика С. П. Королёва

Рецензенты: К. Г. Герман, Ю. И. Карелин, В. А. Власов

ВВЕДЕНИЕ

Повышение эффективности общественного производства является важнейшей хозяйственной задачей коммунистического строительства. Развитие производства на современном этапе происходит в условиях научно-технической революции. Результаты научно-технической революции особенно заметны в развитии авиационной техники. Авиация стала всепогодной, ей доступны полеты на малых и больших высотах, межконтинентальные перелеты, а также полеты днем и ночью. Сегодня реактивные самолеты могут летать с дозвуковыми и сверхзвуковыми скоростями, осуществлять полеты по сложному маршруту с выходом в заданную точку и производить автоматический заход на посадку в любую погоду и в любое время суток. При этом все системы, изделия и устройства, участвующие в обеспечении полета летательного аппарата, должны бесперебойно выполнять свои функции в течение всего заданного времени работы (в течение полета) в заданных внешних условиях (высота, скорость полета, перегрузки, температура и влажность воздуха и т. п.). Самопроизвольный перерыв в их работе недопустим, так как приводит к нарушению режима полета летательного аппарата, а возможно и непоправимым тяжелым последствиям.

Успешное выполнение всех указанных задач в большой степени зависит от результатов проведения наземных и летных испытаний самолета. Летные испытания самолетов проводятся на ЛИС и ЛИК заводов или ОКБ. Основной задачей ЛИС является окончательная отработка и испытание всех систем, агрегатов, оборудования и всего самолета в целом на земле и в воздухе и проверка на соответствие норм технических условий.

В процессе проведения испытаний опытного самолета выявляются недостатки конструкции или отступления от норм технических условий и происходит доводка планера, его систем и агрегатов. В процессе испытаний серийного изделия произво-

дится проверка самолета и его систем до норм технических условий. По выполнении испытательных, сдаточных, периодических, специальных и контрольно-приемочных полетов дается заключение о годности самолета к эксплуатации.

Летно-испытательная станция является важным звеном в обеспечении заданного уровня качества, надежности и реализации конструктивных решений, разработанных ОКБ. Уровень надежности и безопасности испытуемых на летно-испытательной станции самолетов зависит от следующих факторов:

- применение прогрессивных технологических методов отработки систем и оборудования самолетов;

- применение объективных методов контроля работы агрегатов, систем и оборудования;

- проведение стендовых, лабораторных и специальных испытаний основных жизненно важных устройств и систем с учетом особенностей технологии изготовления и внешних условий их работы;

- отработка рациональных технологических методик выполнения испытательных полетов;

- проведение доводочных испытаний систем и оборудования самолета в процессе подготовки самолета к летным испытаниям;

- проведение летных ресурсных (эксплуатационных) испытаний самолета в целом или отдельных его систем, устройств и оборудования;

- подробный анализ результатов испытаний эксплуатации самолетов и проведение необходимых мероприятий по устранению выявленных недостатков в процессе испытания и с учетом замечаний эксплуатируемых частей;

- необходимое совершенство средств технического обслуживания;

- качество инструктивных материалов по эксплуатации (руководства, инструкции, наставления);

- рациональная организация наземных и летных испытаний самолетов на ЛИС или ЛИК;

- совершенство средств управления полетами и средств радиосвязи летательного аппарата с наземными службами обеспечения полетов;

- совершенство средств метеорологического обеспечения;

- оснащенность аварийными средствами и средствами спасения, используемыми для обеспечения возможности благополучного завершения полета и уменьшения вредных последствий в случае летного происшествия.

Не менее важным фактором является и поддержание взаимосвязи эффективности, качества и надежности системы «изделие — человек» (рис. В1).

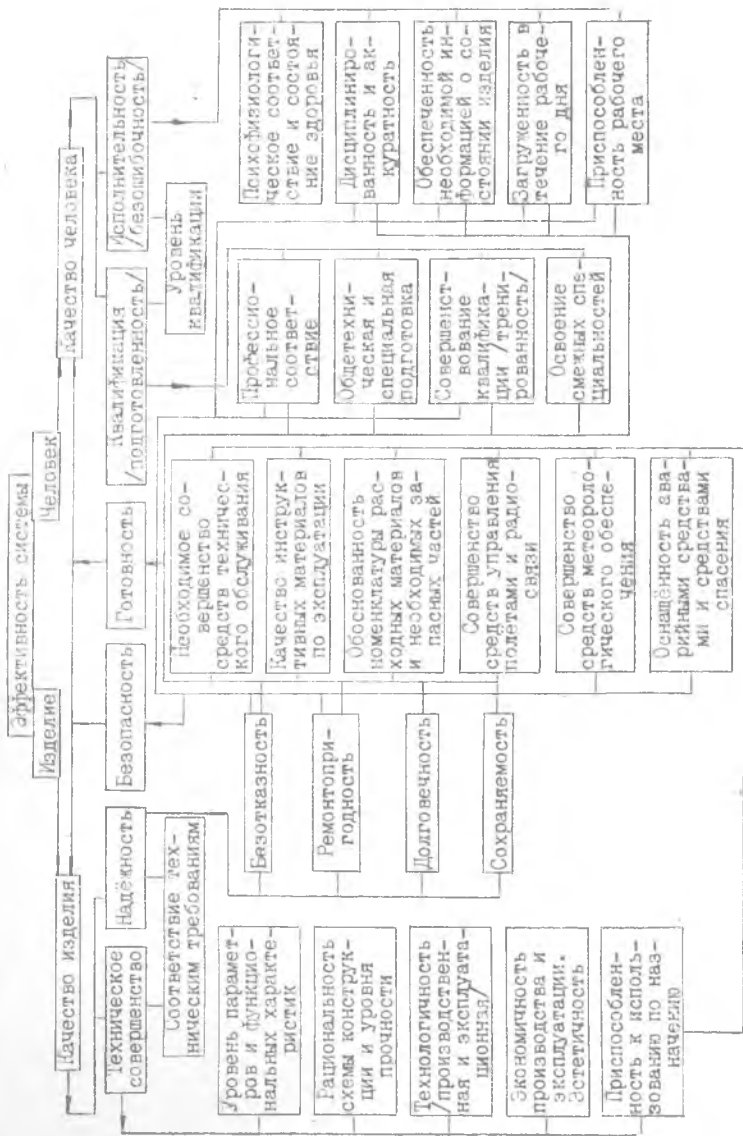


Рис. В1. Взаимосвязь эффективности, качества и надежности системы «изделие — человек»

Главным показателем технического совершенства изделия является испытание его параметрических, функциональных, технических, экономических эксплуатационных характеристик на соответствие достигнутому уровню науки и техники и требованиям мировых стандартов.

Испытания самолетов являются одним из наиболее ответственных этапов в длительном процессе создания самолета, а высокая стоимость проведения испытаний обуславливает ряд определенных требований к планированию, организации проведения и анализу результатов испытаний.

СПИСОК УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АБСУ	— автоматическая бортовая система управления
АВМ	— автоматизированная вычислительная машина
АМ-ТЛФ	— амплитудная модуляция телефона
АМГ	— авиационное масло гидросистемы
АНО	— аэронавигационное оборудование
АРК	— автоматический радиокompас
АС	— аэродромная служба
АУАСП	— автомат углов атаки и сигнализации перегрузки
БСУ	— бортовая система управления
БТК	— бюро технического контроля
БЦВМ	— бортовая центральная вычислительная машина
ВВС	— военно-воздушные силы
ВОР-ИЛС	— навигационно-посадочная система
ВПП	— взлетно-посадочная полоса
ВС-46	— высотный сигнализатор
ВСУ	— вспомогательная силовая установка
ВУ	— выпрямительное устройство
ГМК	— гиромагнитный курс
ГПК	— гирополукомпас
ГСМ	— горюче-смазочные материалы
ГТД	— газотурбинный двигатель
ДИСС	— доплеровский измеритель скорости и сноса
ИКРДФ	— измерительный комплекс реле давлений
ИИС	— информационно-измерительная система
ИТР	— инженерно-технические работники
КВ	— короткие волны
КЗА	— контрольно-записывающая аппаратура
КИС	— контрольно-испытательная станция
КИМ	— кодово-импульсная модуляция
КСП	— конторско-счетный персонал
Курс МП	— радионавигационная система посадки
ЛА	— летательный аппарат

ЛГ	— летная группа
ЛЗП	— линия захода на посадку
ЛИК	— летно-испытательный комплекс
ЛИС	— летно-испытательная станция
ЛЭГ	— летно-экспериментальная группа
МОП	— младший обслуживающий персонал
МСРП	— магнитный самописец режимов полета
МТС	— материально-техническое снабжение
НВУ	— навигационно-вычислительное устройство
НИИ	— научно-исследовательский институт
ОГК	— отдел главного конструктора
ОГМет	— отдел главного металлурга
ОГТ	— отдел главного технолога
ОКБ	— опытно-конструкторское бюро
ОМ-ТЛФ	— однополосная модуляция телефона
ОМН-ТЛФ	— однополосная нижнебоковая модуляция телефона
ПВД	— приемник воздушного давления
ПДБ	— плано-диспетчерское бюро
РВ	— радиовысотомер
РН	— руль направления
РК	— распределительная коробка
РВ	— руль высоты
РСБН	— радиосистема ближней навигации
РСП	— радиоответчик
САУ	— система автоматического управления
СВС	— система воздушных сигналов
СД	— самолетный дальномер
СМИ	— сигнальный маяк импульсный
СОК	— служба объективного контроля
СП	— система посадки
СПП	— служба подготовки производства
СПС	— сверхзвуковой пассажирский самолет
СПУ	— самолетное переговорное устройство
ССОС	— система сигнализации опасной скорости сближения с землей
ТВД	— турбовинтовой двигатель
ТКС	— точная курсовая система
ТНБ	— бюро технологии и нормирования
ТРД	— турбореактивный двигатель
ТРДД	— турбореактивный двухконтурный двигатель
ТРДФ	— турбореактивный двигатель с форсажной камерой
ТУ	— технические условия
УВД	— управление воздушным движением
УКВ	— ультракороткие волны
ЦВМ	— центральная вычислительная машина

СПИСОК ПРИНЯТЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

a — скорость звука	n_p — расчетный коэффициент перегрузки
α — угол атаки крыла	$n_{э}$ — эксплуатационный коэффициент перегрузки
δ — угол отклонения органа управления, закрылков да $H=10H \approx 1$ кгс	$n_{дв}$ — число двигателей
φ — угол установки крыла, стабилизатора	$n_{пас}$ — число пассажиров
H — высота полета	T — температура, ресурс
L — дальность полета	τ, t — время
M — число М полета	V — скорость полета
m — масса полета, топлива	V_y — вертикальная скорость
mg — сила тяжести	

1. ВИДЫ ИСПЫТАНИЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И ИХ СИСТЕМ

Определение степени соответствия бортовых систем техническим требованиям и совершенствование их элементов и в целом ЛА осуществляется путем испытаний, контроля и исследований на различных этапах производства. Можно дать следующие обобщенные определения перечисленным видам работ:

испытание — комплекс работ по приведению системы или ее части в рабочее состояние с целью оценки каких-либо ее свойств;

контроль — комплекс работ по измерению, регистрации и оценке проверяемых величин (параметров), характеризующих свойства системы;

исследование — совокупность работ по изучению взаимосвязи и взаимного влияния отдельных параметров или их комплекса, влияния на них внешних и внутренних факторов, установления закономерностей изменения состояния или функционирования и т. п.

Основным видом работ в условиях аэродрома являются испытания (наземные и летные). По мере повышения требований к тактическим и летно-техническим характеристикам современных и перспективных ЛА роль испытаний в процессе создания и доводки авиационной техники становится все более значительной. В настоящее время около 40 % проблем, возникающих при проектировании, решается с их помощью.

Несмотря на разнородный характер испытаний, все они связаны с проектированием, изготовлением и эксплуатацией ЛА. Главной задачей при этом является выявление несовершенства перечисленных процессов, приводящих к снижению эффективности функционирования, ухудшению характеристик и преждевременному появлению отказов.

Общая программа испытаний ЛА или его систем составляется в соответствии с действующими руководящими материалами по испытаниям авиационной техники с учетом особенностей каж-

дого вида испытаний и планируется так, чтобы обеспечить наибольшую эффективность работ. При этом определяется назначение, рациональный объем, содержание каждого вида испытаний и их место в общей программе, поэтому необходима классификация возможных видов испытаний. В настоящее время не существует единой классификации, одинаково пригодной для проектирования, изготовления и выявления характерных особенностей ЛА или системы в процессе длительной эксплуатации. Приведем один из ее вариантов.

Все испытания подразделяются на группы по различным видам выполняемых работ, объединяемые общим главным направлением.

1.1. ОЦЕНОЧНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Цель этого вида испытаний — оценка соответствия конструкции предъявляемым к ней требованиям. Оценочные испытания, как и некоторые другие виды испытаний, по месту проведения делятся на наземные и летные. По темпу проведения — на нормальные и ускоренные. В зависимости от поставленной цели их можно разделить на исследовательские, опытные и серийные.

1.1.1. Исследовательские испытания

Эти испытания позволяют решать теоретические или прикладные задачи по определению функциональных характеристик элементов, узлов, систем, связанных с их отработкой или доводкой; с уточнением, отработкой или созданием методов аэродинамических, газодинамических, прочностных и других расчетов; с разработкой методов рационального конструирования и т. п.

Исследовательские испытания подразделяются, в свою очередь, на натурные, проводимые на отдельных элементах ЛА или двигателя, и модельные, проводимые на моделях ЛА и двигателя с учетом их аэродинамического, кинематического, динамического подобия с натурными.

Задачи исследовательских испытаний не регламентированы, и по мере совершенствования теоретической базы и конструкции их круг расширяется. Эти испытания проводятся в НИИ, ОКБ и на серийных заводах.

1.1.2. Опытные испытания

Опытные испытания опытных или модернизированных ЛА и их систем подразделяются на заводские (доводочные) и государственные.

Заводские испытания являются основными. Их цель — получение характеристик ЛА, двигателя, их систем и элементов с заданными параметрами. Обнаруженные несоответствия устраняются доводкой конструкции, т. е. внесением в нее ряда изменений. Эти задачи решаются для двигателей на стендах в наземных условиях и имитирующих полетные, в летных испытаниях. Для систем ЛА такие испытания также проводятся на стендах в наземных и имитирующих полетные условия, а также и на летающих лабораториях.

Государственные испытания проводятся после успешного завершения доводочных работ в тех же условиях, в которых проводились заводские испытания. Цель этого вида испытаний — проверка пригодности ЛА или системы для выполнения заданных функций.

Испытания подразделяются на испытания, проводимые Генеральным конструктором и другими организациями промышленности с участием заказчика, и испытания, проводимые заказчиком с участием представителей Генерального конструктора или промышленности. В целях сокращения времени испытаний в некоторых случаях государственные испытания проводятся комплексной комиссией, состоящей из представителей Генерального конструктора, промышленности и заказчика.

Основными задачами государственных испытаний являются: установление соответствия параметров опытного ЛА или двигателя параметрам, заданным техническими условиями; проверка стабильности основных параметров и др. Государственные испытания относятся к длительным и могут сопровождаться перерывами для необходимых доработок конструкции. Считается, что проводимые государственные испытания ЛА или системы приняты заказчиком и возможно их серийное производство.

1.1.3. Серийные (приемосдаточные) испытания

На этапе серийных испытаний продолжают исследования и доводку авиационной техники. К участию в их проведении привлекаются представители заказчика. Главными задачами серийных испытаний являются: проверка качества изготовления и сборки ЛА; проверка соответствия основных показателей заявленным параметрам и т. п.

Серийные пассажирские самолеты подлежат следующим видам испытаний: сдаточные, контрольно-приемные, периодические, специальные и др. Каждый серийный пассажирский самолет, изготовленный и собранный по чертежам Генерального конструктора, в соответствии с техническими условиями должен быть принят отделом технического контроля и представителями заказчика по цеху окончательной сборки и пройти наземные и летные сдаточные и контрольно-приемные испытания.

Сдаточные испытания. Сдаточные испытания подразделяются на наземные и летные и проводятся изготовителем по программе и техническим условиям, утвержденным главным конструктором, изготовителем и заказчиком.

Целью сдаточных испытаний является:

проверка качества выполненных на самолете работ и соответствие параметров заданным техническим условиям, выявление и устранение дефектов и выполнение некоторых регулировочных работ. Все серьезные дефекты являются в этом случае основанием для прекращения испытаний;

оценка работоспособности и надежности работы агрегатов самолета, двигателей и всего оборудования, а также регулировка и отработка их на земле и в воздухе до требований ТУ;

качественная оценка устойчивости, управляемости, проверка летно-технических данных и пилотажных свойств самолета;

определение годности самолета для эксплуатирующих подразделений.

Сдаточные испытания считаются законченными, если на самолете выполнены все операции, указанные в техническом паспорте, отсутствуют дефекты и все летно-технические параметры самолета соответствуют техническим условиям и другой регламентирующей документации. После проведения сдаточных испытаний на земле и в воздухе и устранения всех дефектов и замечаний начальник отдела технического контроля, начальник летно-испытательной станции и летчик-испытатель дают письменное заключение о годности самолета к эксплуатации.

Контрольно-приемные испытания (наземные и летные). Авиационная техника, прошедшая сдаточные испытания, поступает на *контрольно-приемные* испытания, выполняемые обычно заказчиком или его представителями. Этот вид испытаний может иметь несколько расширенную, чем обычные серийные испытания, программу.

Целью контрольно-приемных испытаний является:

проверка соответствия техническим условиям изготовленного самолета;

оценка работоспособности и надежности работы агрегатов, систем и всего оборудования самолета и двигателей;

качественная оценка устойчивости, управляемости, проверка летно-технических данных и пилотажных свойств самолета;

определение годности самолета к эксплуатации.

Периодические испытания. Целью периодических испытаний является:

проверка стабильности технологического процесса, качества выпускаемой продукции в серийном производстве и подтверждение годности ее к эксплуатации в соответствии с ТУ;

проверка соответствия надежности работы и параметров жизненно важных систем и летно-технических данных самолета.

Периодические испытания и проверки являются выборочными от партии самолетов, а также могут быть испытаниями для оценки уровня надежности при разработке мероприятий по повышению этого уровня. Они являются составной частью сдаточных и контрольно-приемных испытаний серийных самолетов.

Специальные испытания (наземные и летные). Целью специальных испытаний является проверка надежности узлов агрегатов и систем и всего самолета в целом. Сюда входят:

проверка систем и агрегатов в условиях, имитирующих или наиболее приближенных к реальным условиям эксплуатации самолета;

выявление причин возникновения дефектов и отказов на самолете;

разработка мероприятий по устранению дефектов и отказов; проверка эффективности разработанных мероприятий.

Для отдельных агрегатов и систем в этой группе можно выделить инженерные оценочные, квалификационные и длительные испытания.

Инженерные оценочные испытания проводят в лабораторных условиях для получения данных о качестве работы в основном опытных образцов отдельных систем и агрегатов в составе ЛА, удовлетворяющих техническим требованиям.

Квалификационные испытания — инженерные оценочные испытания ЛА, изготовленных в условиях производства по серийной технической документации.

Длительные испытания в условиях серийного производства проводят для определения количественных показателей надежности (средняя наработка на отказ, вероятность безотказной работы и др.).

1.2. ИСПЫТАНИЯ В УСЛОВИЯХ, ИМИТИРУЮЩИХ ДЛИТЕЛЬНУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ

Испытания этой группы проводят с целью выяснения влияния эксплуатационных факторов на функционирование ЛА. К ним относятся стендовые, летные и специальные диагностические испытания.

1.2.1. Стендовые испытания

Эти испытания позволяют планировать раздельное и комплексное действие факторов с имитацией полетных условий для отработки и контроля агрегатов, участков и полностью собранных систем. Работа выполняется в агрегатных цехах,

цехах окончательной сборки и на контрольно-испытательных станциях (реже на ЛИС).

Стендовым испытаниям подвергаются системы, их участки и агрегаты, агрегаты планера, двигатели и в некоторых случаях ЛА в целом.

1.2.2. Летные испытания

Испытания позволяют получить информацию о функционировании ЛА, его бортовых систем и определить летные характеристики ЛА в условиях, наиболее близких к реальной эксплуатации.

Наиболее важными вопросами, выясняемыми в летных испытаниях, являются характеристики устойчивости и управляемости ЛА, оценка которых производится в полном диапазоне допустимых скоростей полета, высот, чисел Маха (M), углов атаки и скольжения, центровок, при полной и малой тяге двигателя и с имитацией отказов двигателей и системы механизации крыла.

Летные испытания позволяют определить предельные скоростные напоры и числа M , ограниченные прочностью или жесткостью ЛА или его элементов, вибрационными характеристиками, устойчивостью и управляемостью, особенностями работы двигателя и бортовых систем, аэродинамическими характеристиками и др.; максимальную скорость, практический потолок, дальность и продолжительность полета, наименее выгодную скорость набора высоты, влияние близости земли. Для вертолетов добавляются такие характеристики, как способность выполнять «висение», вертикальный полет и полет с околонулевыми скоростями на различной высоте, грузоподъемность и взлетно-посадочные свойства при посадке «по-вертолетному» и «по-самолетному», посадка на режиме авторотации несущего винта при отказе двигателя и др.

В летных испытаниях определяются взлетно-посадочные характеристики, длина и время разбега, скорость отрыва, длина и время пробега, посадочная скорость, эффективность средств торможения после посадки и обрабатываются все бортовые системы ЛА.

1.2.3. Специальные диагностические испытания

Этот вид испытаний бортовых систем, дополняющий летные испытания, относится к стендовым. При диагностических испытаниях воспроизводятся отказы, имевшие место при летных испытаниях, определяется работоспособность устройств и агрегатов в течение длительного времени под действием различных эксплуатационных факторов (что невозможно определить в процессе летных испытаний) и другие задачи.

В некоторых случаях целесообразно проводить ускоренные испытания, значительно сокращающие сроки обработки изделия.

1.3. СПЕЦИАЛЬНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Специальные испытания, проводимые на всех этапах разработки и производства ЛА, подразделяются на стендовые и летные. В условиях стендовых испытаний и в полете в наиболее широком аспекте по сравнению с другими группами испытаний изучается влияние внешних, внутренних и временных факторов на работу авиационной техники.

1.3.1. Стендовые испытания

Стендовые испытания используются для решения задач по выявлению влияния различных факторов на работу агрегатов, узлов, элементов конструкции и систем, их взаимного влияния, которые не могут быть решены в летном эксперименте или их решение затруднено.

На стендах с помощью кварцевых ламп, имитирующих аэродинамический нагрев конструкции ЛА; при проведении прочностных испытаний элементов конструкции анализируется комплекс параметров: деформаций, сил, температур, давлений, времени, частоты и др.; проводятся испытания на воздействие климатических и биологических факторов (повышенная и пониженная температура, пониженное атмосферное давление, повышенная влажность, пыль и песок, соляной туман, дождь и грибковая плесень).

Детали, узлы и системы в сборе подвергаются испытаниям на воздействие механических и акустических факторов, на воздействие ударов, на инерционные нагрузки, на одновременное воздействие нескольких видов механических нагрузок.

1.3.2. Летные испытания

К специальным летным испытаниям относятся: испытания на сваливание в штопор; испытания по определению характеристик маневренности; посадка с убранными шасси; определение характеристик устойчивости и управляемости ЛА в условиях интенсивного обледенения; для некоторых типов самолетов—полет с имитацией полного или частичного отказа источников электропитания; полет на максимальную дальность или продолжительность полета и многое другое.

Летные испытания топлив, относящиеся к специальным летным испытаниям, обеспечивают проверку параметров двигателя и летно-технических характеристик ЛА на данном топ-

лыве на различных высотах и скоростях полета. К этой же группе относятся испытания, проверки и исследования агрегатов, систем и двигателей на летающих лабораториях.

1.4. ИСПЫТАНИЯ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Такие испытания проводятся в базовых организациях, научно-исследовательских институтах и эксплуатирующих подразделениях. К ним относятся эксплуатационные испытания, испытания на надежность, на долговечность (ресурсные испытания), на эксплуатационную технологичность и т. п.

1.4.1. Эксплуатационные испытания

Самые длительные по времени испытания проводятся в типовых условиях эксплуатации на опытной серии ЛА и самолетах-лидерах. Цель испытаний — проверка функционирования, работоспособности всех систем и в целом ЛА в процессе длительной эксплуатации, проверка соответствия параметров и характеристик заявленным и их стабильность; отработка и проверка методов технического обслуживания и ремонта; инженерный анализ отказов и неисправностей, анализ замечаний летного и технического состава о техническом обслуживании и эксплуатации ЛА.

Новые и модифицированные ЛА до начала регулярной эксплуатации подвергаются эксплуатационным испытаниям, которые являются частью комплекса приемосдаточных и государственных испытаний.

1.4.2. Испытания на надежность

Испытания проводятся для определения среднего времени или количества циклов до отказа или между отказами, вычисления или проверки надежности агрегатов, узлов, блоков, систем и ЛА в целом, установления предельных сроков их хранения и работы и др.

При обработке результатов испытаний проводится качественная и количественная оценка надежности. Главная задача качественной оценки — анализ причин отказов и неисправностей, выявленных в процессе летных испытаний или стендовых проверок с оценкой соответствия заданным фактическим условиям работы и нагрузок, действующих на ЛА, его элементы и системы. Количественная оценка надежности заключается в определении показателей надежности (определение функции распределения отказов по системам и агрегатам, интенсивность отказов, наработка на отказ и др.) по результатам статистической обработки материалов летных испытаний.

1.4.3. Испытания на долговечность (ресурсные испытания)

Испытания проводятся с целью определения длительной работоспособности агрегатов, систем или ЛА, задаваемой сроком службы (ресурсом) испытываемого изделия или его фактическим состоянием. По сравнению с испытаниями на надежность этот вид испытаний, проводимый до начала периода старения, износа или разрушения изделия, позволяет получить дополнительные данные по характеру отказов в начальный период износа и старения.

1.4.4. Испытания на эксплуатационную технологичность

Такие испытания проводятся с целью проверки конструктивно-технологических свойств агрегатов, систем и в целом ЛА на приспособленность их к выполнению всех видов работ по техническому обслуживанию и ремонту с использованием наиболее эффективных методов.

Эксплуатационная технологичность в испытаниях рассматривается применительно к оперативным, периодическим видам технического обслуживания, заменам после отработки ресурса агрегатов и узлов, работам по поиску и устранению неисправностей.

Оценка эксплуатационной технологичности ЛА, которая включает в себя понятия доступности ко всем изделиям, требующим проведения в процессе эксплуатации технического обслуживания и ремонта, контролепригодности, легкосъемности агрегатов, узлов, взаимозаменяемости и др., проводится совместно представителями заказчика и производства на всех этапах создания ЛА.

В заключение следует отметить, что наиболее информативными и ответственными являются летные испытания, перед которыми стоят задачи по оценке летных качеств и фактического состояния каждого ЛА. К основным оценкам относятся:

безопасность полетов на всех расчетных и возможных режимах;

исправность, т. е. состояние ЛА, при котором выполняются требования нормативно-технической документации;

правильность функционирования ЛА, его отдельных систем или элементов в текущий момент времени со значениями параметров, соответствующими нормам летной годности и ТУ;

стабильность характеристик ЛА;

эффективность конструктивных изменений, выполненных в процессе опытного или серийного производства и эксплуатации ЛА;

соответствие ЛА в целом и всех его систем требованиям ТУ на поставку, приемку и пригодность его к техническому обслуживанию;

предельное состояние отдельных систем или элементов ЛА, определяемое при некоторых видах испытаний по отклонению заданных параметров за допустимые пределы или по снижению эффективности функционирования.

2. ЛЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Комплекс летных и наземных испытаний ЛА и двигателей в аэродромных условиях в настоящее время осуществляется двумя основными видами летно-испытательных подразделений:

летно-испытательными комплексами (центрами, базами) и летно-испытательными станциями серийных самолетостроительных (вертолетостроительных) заводов.

В организации, структуре, характере решаемых задач и методах их решений у названных подразделений есть и общие черты, и много различий. Часть задач в процессе наземной отработки решается ими в тесном взаимодействии.

2.1. ЛЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ КОМПЛЕКСЫ

Основной задачей ЛИК является проведение таких комплексных испытаний на опытных ЛА, как:

испытания в аэродинамических трубах и на наземных стендах;

предполетные наземные испытания опытного ЛА;

летные испытания опытного ЛА;

комплексные летные испытания опытных ЛА по отдельным системам и оборудованию;

совместные испытания с заказчиками или контрольные испытания заказчика;

сертификация (установление соответствия ЛА, его двигателей и оборудования действующим нормам летной годности самолетов) самолета и отправка его в эксплуатирующую организацию;

повторные наземные и летные испытания опытных и серийных ЛА после модификации.

Перечисленные основные виды испытаний (опытные, серийные, ресурсные, ускоренные, государственные и др.) включают конкретные исследования управляемости и устойчивости ЛА; прочности, с определением нагрузок и температур, действующих

на планер, двигатели и их системы; совместимости и функционирования автоматических систем управления и навигационных систем; выполнения требований эксплуатационной технологичности конструкции ЛА в целом и его отдельных систем и много других. В этой работе участвует большое число высококвалифицированных специалистов, в зависимости от характера работы и решаемых задач объединенных в самостоятельные подразделения — расчетно-экспериментальный, моторонспытательный и ряд других комплексов, аналогичных летно-испытательному комплексу. Все комплексы работают в тесном содружестве, причем часть задач решается ими совместно.

Каждый комплекс состоит из нескольких отделов или служб, например, ЛИК объединяет отдел эксплуатации ЛА, летную службу, отделы электро-, радио- и спецоборудования и ряд других.

2.2. ЛЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫЕ СТАНЦИИ

Основными задачами ЛИС серийного самолестроительного завода являются:

проверка летно-технических данных ЛА, его систем и оборудования, полученных в процессе комплексных испытаний опытных ЛА и оговоренных в ТУ договора на приемку заказчиком и поставку в эксплуатирующую организацию ЛА данного типа;

проверка, регулировка и доводка агрегатов, систем и в целом ЛА при отработке в наземных условиях и полете.

Решение их осуществляется в следующей последовательности:

· наземная комплексная проверка, регулировка и доводка всех систем ЛА в соответствии с требованиями ТУ;

· техническое обслуживание ЛА в процессе подготовки и проведения летных испытаний;

· проведение летных испытаний при обеспечении их полной безопасности с выдачей заключения о соответствии ЛА тактико-техническим требованиям и готовности к эксплуатации;

· передача готовых ЛА заказчику (или представителю заказчика) и отправка их в эксплуатирующие подразделения;

· разработка совместно с другими отделами и службами завода необходимой технологической, методической и другой документации, необходимой для проведения наземных и летных испытаний.

Летные испытания, проводимые на ЛИС серийного завода, подразделяются на сдаточные, обязательные для каждого ЛА; контрольные (контрольно-приемные), для всех ЛА, направляемых в эксплуатирующие подразделения; периодические, оговоренные ТУ или дополнительными требованиями заказчика, и

специальные, проводимые при изменении или модернизаций конструкции ЛА, его систем и оборудования.

Кроме этого, специалисты ЛИС серийных заводов принимают участие в проведении наземных и летных испытаний опытных ЛА, если их производство осуществляется на серийном заводе; эксплуатационных испытаний, проводимых совместно с соответствующими подразделениями и институтами; контрольно-серийных испытаний, проводимых институтами эксплуатирующих ведомств.

ЛИС, функционально являясь подразделением производственного предприятия, фактически представляет собой связующее звено между производством и эксплуатирующими организациями. Следует отметить, что в зависимости от вида испытаний, технологического процесса и организации испытаний отработка ЛА в условиях ЛИС составляет значительный объем работ— 5... 10 % от общей трудоемкости его изготовления.

2.2.1. Организационная структура ЛИС

Структуру летно-испытательной станции серийного завода определяют перечисленные выше задачи (рис. 2.1, 2.2.). Начальник ЛИС, организующий и контролирующий весь комплекс работ, проводимых на этом участке заводского производства, находится в непосредственном подчинении главному инженеру, директору завода и начальнику Управления министерства, приказом которого назначается на должность.

Общее оперативное руководство службами наземных испытаний и подготовки ЛА к полетам осуществляет заместитель начальника ЛИС по производству, в подчинении которого находятся бригады самолетных систем, ЛЭГ, ЛГ, СПП, АС, ТНБ, ПДБ.

Контрольно-испытательная станция (КИС) — подчиняется начальнику ЛИС или является самостоятельным подразделением завода. Каждая служба (отдел) — самостоятельное структурное звено ЛИС, полностью выполняющее определенный технологический процесс отработки и подготовки ЛА к полету и несущее ответственность за его своевременное и качественное выполнение. Начальники КИС, ЛЭГ, ЛГ, СПП и АС являются заместителями начальника ЛИС.

Бюро технического контроля, также являясь структурным подразделением ЛИС, непосредственно подчиняется главному контролеру завода. Сотрудники этого отдела контролируют процесс наземной отработки ЛА, подготовки его к полетам, выполнения полета и состояние контрольно-проверочной и регистрирующей аппаратуры.

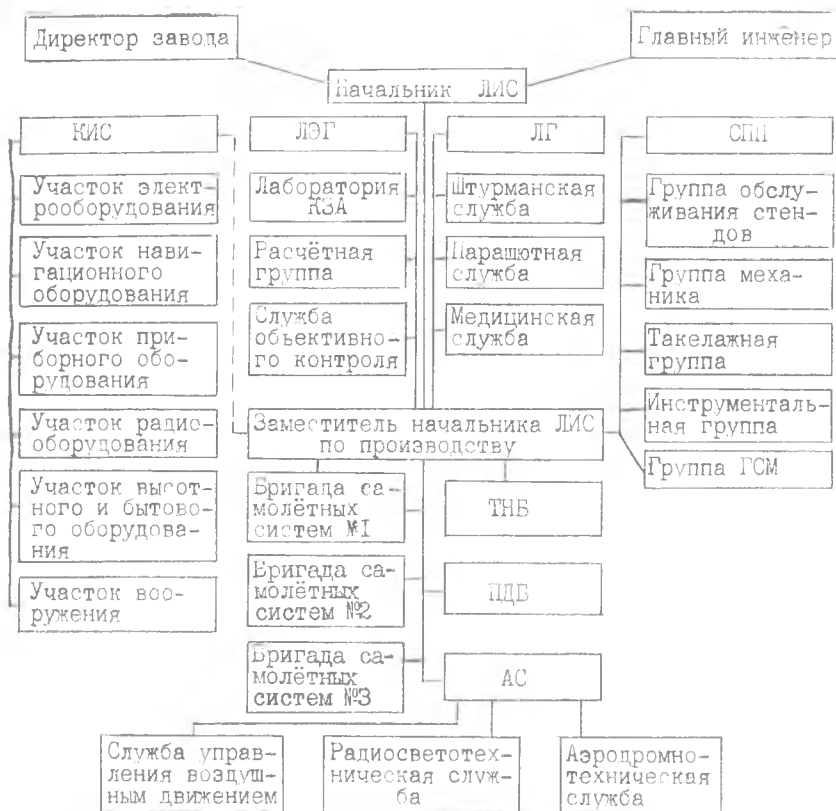


Рис. 2.1. Структурная схема управления ЛИС

2.3. ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ СЛУЖБАМИ ЛИС. СТРУКТУРЫ СЛУЖБ

2.3.1. Контрольно-испытательная станция

К основным задачам, решаемым КИС, относятся следующие:

объективный контроль и проверка соответствия систем бортового оборудования требованиям ТУ;

проверка работоспособности и функционального взаимодействия систем и оборудования;

отбраковка и замена вышедших из строя или имеющих отклонения от установленных норм готовых изделий бортового оборудования;

полнения работ своей бригадой и другими подразделениями ЛИС по конкретным ЛА, место и сроки окончания очередного этапа работ, в том числе выполнения полетов, и полностью отвечает за сроки и качество отработки ЛА.

Организационно бригада делится на смены и группы. В каждую смену входят специалисты (инженеры, авиатехники и авиамеханики) по отдельным системам.

2.3.3. Летно-экспериментальная группа

Летно-экспериментальная группа обеспечивает инженерно-методическое руководство летными испытаниями. Основными задачами, решаемыми сотрудниками группы, являются:

разработка программ испытаний ЛА, заданий и профилей полетов и методических указаний экипажу по проведению испытаний;

оформление полетных листов и листов готовности к полетам, составление актов и отчетов по результатам испытательных полетов;

организация и проведение периодических и специальных испытаний;

подготовка, тарировка и отладка контрольно-записывающей аппаратуры, установка ее на ЛА;

обработка записей и других материалов объективного контроля параметров работы систем в полете, выполнение необходимых расчетов, анализ результатов объективного контроля (по бортовым регистраторам и КЗА) с целью обеспечения безопасности полетов, проверки техники пилотирования, выявление отказов в работе систем и оборудования.

ЛЭГ состоит из лаборатории КЗА, расчетной группы и службы объективного контроля. Все подразделения работают в постоянном контакте с летной службой и производственными подразделениями ЛИС. Специалисты ЛЭГ участвуют в выполнении испытательных полетов в качестве ведущих инженеров по летным испытаниям или экспериментаторов.

2.3.4. Летная группа

Группа обеспечивает выполнение следующих задач: выполнение сдаточных и других испытательных полетов; проверка в полете поведения ЛА и работы всех его систем и оборудования;

четкое определение особенностей в поведении ЛА, работе оборудования, возникновении отказов, неисправностей и отклонений от нормы характеристик систем ЛА с выдачей рекомендаций по их устранению;

выдача квалифицированного заключения о соответствии ЛА требованиям ТУ и о пригодности его к эксплуатации;

разработка и уточнение методик проведения летных испытаний;

обеспечение экипажей индивидуальными спасательными средствами;

обеспечение медицинского контроля.

Летная служба состоит из летной группы, штурманской службы, парашютно-спасательной и медицинской служб.

Состав экипажа обусловлен типом выпускаемых ЛА: для истребителей, истребителей-бомбардировщиков, спортивных самолетов он строго соответствует наличию рабочих мест в кабине. На пассажирских, транспортных и тяжелых многоместных ЛА ВВС для обеспечения более качественной и полноценной проверки систем и оборудования в состав экипажа включаются технические специалисты. К ним относятся: ведущий инженер по летным испытаниям или его помощник, бортэлектрик, бортэкспериментатор и другие. Перечисленные специалисты в полете кроме проверок регистрируемых параметров и работы штатного и нештатного оборудования выполняют необходимые регулировки и настройки.

2.3.5 Служба подготовки производства

Служба предназначена для четкого и мобильного обеспечения процесса отработки ЛА необходимыми стендами, спецмашинами, инструментом, горюче-смазочными материалами. Ею решаются задачи ремонта аэродромного оборудования, выполнение такелажных работ.

2.3.6. Аэродромная служба

В ее состав входят:

служба управления воздушным движением, обеспечивающая связь с экипажем ЛА, руководство по выпуску ЛА в полет, полет в зоне аэродрома и посадку ЛА;

радиосветотехническая служба, обеспечивающая работу соответствующих аэродромных средств;

аэродромно-техническая служба, поддерживающая взлетно-посадочные полосы, рулежные дорожки и отработочные стоянки в надлежащем состоянии.

Аэродромы ЛИС используются, кроме испытательных полетов, для полетов самолетов и вертолетов транспортных отрядов министерства и в качестве запасных при испытательных полетах других заводов.

3. ОСНОВНЫЕ РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ НА ЛИС

Наземные испытания и контрольные работы решают основную задачу предполетной подготовки ЛА — проверку его надежности. В условиях завода эта работа начинается в агрегатно-сборочных цехах, продолжается в цехе окончательной сборки и заканчивается на ЛИС.

Предполетная отработка самолетов и вертолетов начинается с взвешивания и определения положения центра тяжести пустого и с комплектом несъемного оборудования ЛА. В зависимости от типа ЛА и требований заказчика взвешиванием дополнительно определяется центровка ЛА с невырабатываемым остатком топлива и с разными вариантами его заправки.

В процессе наземной отработки производится предварительная оценка работоспособности систем и агрегатов ЛА во всех возможных вариантах их работы в полете, оценивается вероятность выхода из строя жизненно важных систем и возможные последствия.

Одновременно с разработкой методики испытаний выбирают измеряемые параметры, аппаратуру и методы обработки экспериментального материала. В соответствии с разработанной системой измерений ЛА оборудуются КЗА для получения замеров с повышенной точностью и расширения перечня регистрируемых параметров.

3.1. ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ

Исходя из основных задач, решаемых в условиях ЛИС за ограниченный промежуток времени и с высоким качеством, весь комплекс наземных и летных испытаний серийной авиационной техники проводится в следующей последовательности:

- приемка ЛА от цеха окончательной сборки;
- отработка систем и оборудования службами КИС и бригадой самолетных систем;
- отработка топливной и противопожарной систем;
- окончательная (предполетная) отработка радиосвязного и радиолокационного оборудования, устранение остаточной девиации радиоконпасов и указателей курсовой системы;
- расконсервация и отработка двигателей и комплексная проверка работы систем при питании от бортовых электрических генераторов, насосных станций и воздушных компрессоров;
- осмотр монтажей систем и общий технический осмотр ЛА перед выполнением первого полета;

предполетная подготовка, выполнение полета, послеполетный осмотр;
устранение полетных замечаний;
подготовка последующих полетов в соответствии с программой испытаний;
осмотр ЛА на комплектность и чистоту,
оформление готовности ЛА к эксплуатации;
сдача ЛА заказчику или его представителю;
хранение ЛА, передача его эксплуатирующему подразделению, подготовка к транспортировке или отправке своим ходом.

Для более квалифицированного анализа результатов полетов, выявления и устранения обнаруженных дефектов и, по необходимости, проведение доработок конструкции на основании указаний Генерального (главного) конструктора по согласованию с заказчиком осуществляется комплексными или специализированными бригадами с привлечением специалистов основных цехов.

3.2. РАБОТЫ, ПРЕДШЕСТВУЮЩИЕ ПЕРВОМУ ПОЛЕТУ СЕРИЙНОГО ЛА

Отработка изделия на ЛИС начинается с процесса приемки ЛА от цеха окончательной сборки. По результатам осмотра, проводимого представителями одной из бригад самолетных систем ЛИС и специалистами КИС, составляется ведомость дефектов. Сдаточная бригада цеха сборки устраняет дефекты, после чего проводится приемка ЛА. Одновременно проверяется техническая документация, выполнение доработок конструкции.

На основании разработанных технологических указаний и инструкций перед летными испытаниями проводится отработка всех систем. Работа начинается с осмотра и проверки монтажа, состояния отдельных элементов, агрегатов, их креплений, контровки, монтажных зазоров при перемещении подвижных элементов, срабатывания замков и выключателей.

На следующем этапе проверяется функционирование систем: подключается питание, устанавливаются необходимые режимы работы (давление, напряжение и т. п.). Такие проверки являются дублирующими, поскольку подобные операции уже были проведены в цехе окончательной сборки. Необходимость такой работы обусловлена проверкой качества функционирования с учетом взаимных влияний систем друг на друга в условиях, наиболее близких к условиям эксплуатации.

В первую очередь целесообразно проверить систему электрооборудования, поскольку она необходима для отработки

газодвигательных и механических систем ЛА. Электрические и гидравлические системы получают питание от источников энергии, приводимых во вращение от двигателя, поэтому наиболее целесообразно проверку они могут пройти только в условиях ЛИС. К такому же виду проверок относятся работы с топливной, масляной системами, обработка двигателей, радиолокационных систем специального назначения, систем вооружения и списывание девиации.

Заправочные работы на кислородной, топливной, масляной и гидравлической системах при отсутствии систем централизованной заправки проводятся на обесточенном изделии. Все наземные работы выполняются с обязательным заземлением ЛА. Подготовка ЛА к полету начинается после отработки всех систем. ЛА укомплектовывается съемным оборудованием, осуществляется заправка или дозаправка газодвигательных систем, устанавливается дополнительное приборное оборудование.

Комплекс подготовительных работ завершается предполетным осмотром специалистами БТК и перед выполнением контрольно-приемных полетов — представителем заказчика (аналогично выполняются проверки некоторых систем). После устранения замечаний и повторного предъявления ЛА работникам БТК или представителю заказчика (с оформлением соответствующих документов) самолет (вертолет) готов к выполнению первого полета.

Основные результаты наземной отработки с указанием конкретных данных включаются в протоколы, отчеты, таблицы, прикладываемые к формулярам ЛА, или размещаются в кабине экипажа (графики девиации, таблицы поправок к указателям скорости, высоты и др.).

3.3. ПРОВЕДЕНИЕ ПРЕДПОЛЕТНЫХ И ПОСЛЕПОЛЕТНЫХ ОСМОТРОВ

Предполетный и послеполетный осмотры ЛА проводятся по заранее установленному маршруту (рис. 3.1) с целью предупреждения излишнего передвижения лиц технического состава и исключения недосмотров.

Осмотр начинается с носовой части ЛА, затем осматривается стойка, колеса, створки, ниша носового шасси. Далее осмотру подлежат правое крыло и двигатели, если они расположены на крыле, фюзеляж, оперение, левое крыло и его двигатели. Основные шасси осматриваются вместе с крылом. Заканчивается осмотр в пассажирской кабине или кабине пилота.

В процессе осмотра обращают внимание на герметичность элементов газодвигательных систем; наличие трещин, поломок; качество монтажа; состояние легкодоступных соединений; це-

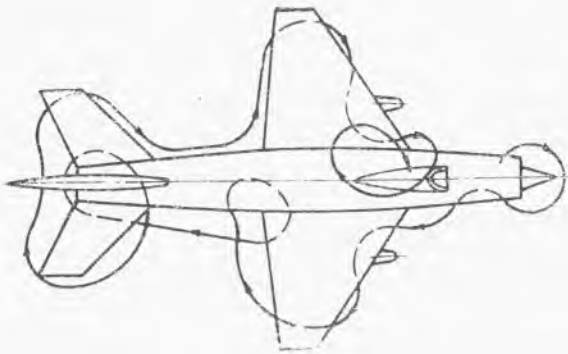


Рис. 3.1. Схема маршрута осмотра ЛА

целостность трубопроводов, тяг, обшивки и заклепочных швов. Проверяется заправка гидрогазовых систем и установка съемного и специального оборудования. В некоторых случаях (обледенение ЛА на стоянке, серьезные отказы систем одноцилиндровых ЛА, требование заказчика или работника БТК и т. п.) маршрутные осмотры необходимо выполнять с раскрытыми люками, лючками и капотами.

После осмотра проверяется работоспособность систем ЛА и двигателей.

3.1. РАБОТЫ, ВЫПОЛНЯЕМЫЕ ПОСЛЕ ПЕРВОГО ПОЛЕТА

Основным документом испытательного полета является полетный лист, куда вписывают (иногда в виде приложения на отдельной ведомости) обнаруженные в полете дефекты.

Материалы летных испытаний обрабатывают и оформляют в виде отчета. По этим данным строят поправочные графики, заполняют таблицы, прилагаемые к формуляру самолета (вертолета) или двигателя.

Последующая наземная обработка обусловлена проверкой состояния всех систем и ЛА в целом после полета и необходимостью устранения отказов и неисправностей, выявленных в полете. Особое внимание в процессе осмотра ЛА уделяется выявлению возможных нарушений целостности узлов, деталей, соединений в полете, ослаблению креплений, контровке, появлению остаточных деформаций и трещин.

В фильтрах жидкостных систем проверяется наличие металлической стружки, свидетельствующей о заедании и быстром износе трущихся поверхностей источников и потребителей энергии, или неметаллических частиц, характеризующих чистоту баков, трубопроводов, агрегатов,

3.5. ВИДЫ РАБОТ, СВЯЗАННЫХ С ПОДГОТОВКОЙ ОПЫТНОГО ЛА К ПЕРВОМУ ПОЛЕТУ

Следующие виды работ перед летными испытаниями в условиях ЛИК относятся к числу обязательных.

1. Изучение особенностей аэродинамической и весовой компоновки ЛА, кабины летчика, системы управления, силовой установки, всех систем и оборудования и соответствующей технической документации. Особое внимание при этом уделяется изучению подготовленных конструкторским бюро рекомендаций по летной и наземной эксплуатации ЛА, указаний по действиям летчика и других членов экипажа в особых случаях полета, установленных летно-эксплуатационных ограничений по прочности, управляемости и работе силовых установок для всех возможных вариантов загрузки и конфигураций ЛА (взлетной, крейсерского полета, посадочной и др.).

Просматриваются обобщенные материалы исследований моделей в аэродинамических трубах, данные расчетов, математического и полунатурного моделирования.

2. Уточнение или разработка методики исследований.

3. Уточнение состава и характеристик необходимого экспериментального оборудования (КЗА, индикаторы углов атаки и скольжения, перегрузки и угловой скорости крена, специальные программные механизмы для отклонений рулей, сигнализатор допустимых режимов полета, противопожарные устройства, аппаратура для замера упругих деформаций и спектров обтекания отдельных элементов ЛА и др.).

4. Составление программы наземных и летных испытаний ЛА.

5. Нивелировка и, по требованию заказчика, контрольный обмер ЛА или его элементов.

6. Контрольные определения основных характеристик системы управления рулями, бустеров в системе управления, систем автоматической стабилизации ЛА.

7. Определение положения центра тяжести при различных эксплуатационных загрузках ЛА и изменение его положения при выработке топлива, сбросе груза и др.

8. Фотографирование ЛА спереди, сзади, сверху, сбоку, 3/4 спереди и сзади, кабин летчиков и других членов экипажа и наиболее интересных и оригинальных мест, дающих более полное представление об его аэродинамических и конструктивных особенностях. Фотографии обязательно помещают в отчет по летным испытаниям.

9. Оценка компоновки кабины, размещения приборов и органов управления, возможности работы в летном обмундировании и обзора из кабины.

10. Законы кинематических связей рулей с соответствующими органами управления: предельные отклонения рулей, ручки управления и педалей; величины усилий, прикладываемых к органам управления для преодоления сил трения, и законы изменения усилий на рычагах управления от загрузочных механизмов, пружин и балансирных грузов; градиенты изменения усилий по ходу соответствующих рычагов управления; законы регулирования загрузки рычагов управления при имитации полета.

11. Рулежки, пробежки и подлеты, в процессе которых проверяется работоспособность и эффективность тормозных систем; эффективность аэродинамических рулей; оцениваются продольное управление ЛА и общие вопросы устойчивости и управляемости, величины усилий на рычагах управления при скоростях движения до отрыва передней ноги самолета и др.

Эти работы, проводимые группами специалистов различного профиля под руководством ведущего инженера по летным испытаниям, необходимы для разработки программ наземного и летного экспериментов, уточнения методов последующей обработки экспериментального материала, подготовки необходимых наземных технических средств, установки на ЛА необходимого экспериментального оборудования, предполетной отработки всех бортовых систем и соответствующей подготовки летного состава.

4. ПРОГРАММА НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Программа наземных испытаний и проверок ЛА является частью общей программы наземных и летных испытаний, разработанной на основе инструкций и технических условий на монтаж и отработку систем, созданных ОКБ, и производственных инструкций завода-изготовителя. Программа составляется ведущим инженером по летным испытаниям ЛА и согласовывается с представителями ОКБ, серийного завода и заказчика.

В программе четко определяется объем наземных испытаний, приводится перечень работ, выполняемых на каждом самолете по отдельным системам, расписываются испытания и проверки, проводимые выборочно на одном самолете из партии. По каждой системе повторяются общие, являющиеся обязательными следующие проверки: состояния и качества монтажа, герметичности, работы отдельных агрегатов. Некоторые испытания и проверки проводятся при работающих двигателях, что также отражено в программе. Обязательно указывается, кем выполняется работа. Определяется состав оборудования ЛА, КЗ А, по-

рядок проверки и предъявления эксплуатационной (технической) документации. Все контрольные работы проводятся в соответствии с инструкциями по эксплуатации отдельных систем.

С учетом описанных обобщений, в сокращенном виде приведем типовую программу наземных испытаний и проверок планера самолета и двигателя в условиях ЛИС серийного завода.

4.1. НАЗЕМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ПРОВЕРКИ САМОЛЕТА И ДВИГАТЕЛЯ

1. Взвешивание и определение центра тяжести пустого самолета (до покраски).

2. Проверка системы управления самолетом. Проверяются: работа системы от всех гидросистем и от каждой в отдельности при работающих двигателях и от наземных стенов; отклонения рычагов управления и рулевых поверхностей; работа сигнализации; передаточные числа и характеристики триммерных механизмов; работа элементов системы управления от бортовых и наземных источников энергии. Результаты испытаний и проверок заносятся в паспорт.

Контроль осуществляется представителями БТК ЛИС и заказчика (совместно или раздельно).

3. Проверка гидравлических систем. Поставщик и заказчик раздельно проверяют работу агрегатов и сигнализации.

4. Проверка воздушной системы. Раздельно поставщиком и заказчиком проверяется работа агрегатов.

5. Проверка шасси. Проверяются: кинематика, сигнализация, четкость и последовательность срабатывания агрегатов при уборке и выпуске шасси от всех гидравлических или электрических систем, управление колесами передней стойки в различных режимах, время уборки и выпуска шасси.

Работа выполняется раздельно поставщиком и заказчиком.

6. Проверка тормозной системы. Работу сигнализации и агрегатов проверяют раздельно поставщик и заказчик.

7. Проверка чистоты топливной системы. Проверка производится после промывки системы поставщиком.

8. Проверка герметичности топливной системы. Проверка осуществляется поставщиком и заказчиком совместно перед летными испытаниями в течение, например, шести часов с избыточным давлением 20,265 кПа и после сдаточных летных испытаний в течение 24 ч без избыточного давления.

9. Проверка работы топливной и дренажной систем. В стояночном положении самолета совместно поставщиком и заказчиком проверяется работа: системы измерения количества топлива, автомата расхода топлива и сигнализации остатка навигационного запаса (или другого фиксированного количе-

ства), системы централизованной заправки с определением количества заправляемого топлива при различных вариантах заправки, системы измерения суммарного запаса и мгновенного расхода топлива.

10. Проверка противопожарной системы. Поставщиком и заказчиком совместно проверяется наличие давления в баллонах, работа с продувкой воздухом.

11. Проверка системы нейтрального газа. Совместно поставщиком и заказчиком проверяется зарядка баллонов и работа с продувкой воздухом.

12. Проверка работы высотного оборудования. Раздельно поставщик и заказчик проверяют работу высотного оборудования от двигателей (если силовая установка имеет ВСУ — дополнительно от нее), работу агрегатов наддува и вентиляции кабин, температуру воздуха по горячей и холодной коммуникациям при различных режимах работы двигателей.

13. Проверка работы противообледенительной системы. Поставщик и заказчик раздельно выполняют проверку параметров при работающих двигателях.

14. Проверка системы управления двигателями. Поставщиком и заказчиком раздельно проверяется работа системы, блокировки, сигнализации положения управляемых элементов реверса от наземных источников питания.

15. Проверка работы маслосистемы двигателя. Поставщиком проверяется работа элементов системы централизованной заправки маслом каждого двигателя.

16. Проверка работы силовых установок. Раздельно поставщиком и заказчиком проверяются пусковые характеристики двигателя при запуске от бортового и наземного источников питания, работа двигателя на переходных и установившихся режимах, соответствие параметров двигателя при работе в самолетной компоновке данным стендовых испытаний по формуляру. При работающих двигателях проверяется: работа гидравлической, топливной систем, системы противообледенения, управления самолетом от гидросистемы, герметичность систем, работа аппаратуры контроля вибрации двигателей и замер уровня вибрации.

17. Проверка чистоты самолета и отсутствия посторонних предметов производится раздельно поставщиком и заказчиком.

18. Проверка средств спасения и аварийного оборудования осуществляется раздельно поставщиком и заказчиком.

19. Проверка приборного, навигационного, бытового, радиооборудования, вооружения и регистрирующей аппаратуры проводится совместно или раздельно поставщиком и заказчиком. Порядок технологической обработки пассажирского самолета показан на графике (вкладка).

4.2. НАЗЕМНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ПРОВЕРКИ САМОЛЕТА, ПРОВОДИМЫЕ ВЫБОРОЧНО ОТ ПАРТИИ ЛА

В качестве примера рассмотрим наземные испытания и проверки только планера и топливной системы самолета.

1. Взвешивание и определение центра тяжести пустого самолета (1 : 10 — взвешивается один самолет из десяти). Определяются: масса и положение центра тяжести пустого самолета до покраски; масса и положение центра тяжести окрашенного самолета с невырабатываемым остатком топлива и заправленным до нормы маслом (1 : 5). Работа выполняется совместно поставщиком и заказчиком.

2. Проверка чистоты топливной системы после промывки производится заказчиком (1 : 10).

3. Проверка топливной и дренажной систем. Совместно поставщиком и заказчиком на одном—двух самолетах из серии проверяются: состояние монтажа, работа систем измерения количества топлива и поправки на суммарные и побакковые показания топливомера при положении самолета в линии полета, работа автомата расхода топлива и сигнализации остатка топлива (например, навигационного запаса) при положении самолета в линии полета, работа системы централизованной заправки с определением поправок на суммарные и побакковые показания топливомеров и количество заправляемого топлива при различных вариантах заправки в стояночном положении самолета, работа системы измерения суммарного запаса и мгновенного расхода топлива.

4. Определение полной емкости топливных баков и объема, оставшегося на расширение топлива. Работа выполняется совместно поставщиком и заказчиком на двух—трех самолетах из серии.

5. Определение несливаемого остатка топлива осуществляется поставщиком и заказчиком совместно на двух—трех самолетах из серии.

6. Определение несливаемого и невырабатываемого остатков топлива при положении самолета в линии полета проводится поставщиком и заказчиком совместно на двух—трех самолетах из серии.

7. Определение количества топлива, доливаемого в кессонбаки до уровня клапанов слива перезалитого топлива осуществляют поставщик и заказчик совместно на двух—трех самолетах из серии.

8. Совместная полная заправка всех баков самолета топливом через все горловины централизованной заправки одновременно при полной производительности насосов топливозаправ-

щиков под давлением 456 кПа (4,5 кг/см²). Работа выполняется поставщиком и заказчиком совместно на двух—трех самолетах из серии.

5. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Документация, проходящая через ЛИС в процессе отработки ЛА и отправляемая с ним в эксплуатирующую организацию, условно делится на технологическую и эксплуатационную.

Технологическая документация подразделяется на две группы. К первой относится документация, определяющая последовательность и объем выполняемых работ, пределы изменений параметров и регулировочные данные, чертежи, технические условия, производственные инструкции, технологические указания и др.

Вторая группа объединяет документы, обобщающие весь производственный процесс отработки ЛА в условиях ЛИС и отражающие фактически выполненные на ЛА работы: технологический паспорт, дело ЛА по наземной отработке, дело ЛА по летным испытаниям.

Эксплуатационная документация подбирается в комплекты по спискам обязательной документации, прикладываемой к каждому ЛА, и дополнительной, комплектуемой заводом-изготовителем в соответствии с договором с заказчиком. Эксплуатационную документацию можно разделить на типовую—обобщенную для всех ЛА данного типа (техническое описание, руководство по техническому обслуживанию и ремонту и др.), и пономерную—относящуюся только к конкретному ЛА (формуляры ЛА и двигателей, паспорта крупных агрегатов планера и систем с указанием завода-изготовителя, заводского номера, даты выпуска, результатов тарировки или проверки и акта приемки).

Рассмотрим краткое содержание некоторых видов перечисленной документации.

5.1. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПАСПОРТ НА СБОРКУ, ОТРАБОТКУ И ИСПЫТАНИЯ ЛА

Этот вид документа оформляется при поступлении ЛА в цех окончательной сборки и вместе с ЛА переходит на ЛИС. Заполнение его прекращается одновременно с отправкой ЛА заказчику.

Паспорт состоит из пяти разделов, укрупненно отражающих перечень конкретных видов работ, выполненных на ЛА в процессе его отработки.

Раздел I. Сборка и обработка ЛА в цехе окончательной сборки. Раздел содержит перечень укрупненных технологических операций, выполненных на ЛА в сборочном цехе с обязательной отметкой (подписью) производственных и контрольных мастеров. В заключение перечня указывается, что ЛА смонтирован и испытан в соответствии с техническими условиями и производственными инструкциями, подготовлен к предъявлению заказчику для приемки по цеху окончательной сборки и принят им.

В конце раздела отмечаются дополнительные работы, выполненные на ЛА в сборочном цехе; конструктивные изменения и доработки по системам с указанием выполнения требований технической документации и внесения ее в технологический паспорт; особые замечания, принятые по ним решения с отметкой о выполнении.

Раздел заканчивается приемно-передаточным актом, подписанным представителями цеха окончательной сборки и ведущим инженером ЛИС.

Раздел II. Наземные испытания ЛА на КИС. Начинается раздел перечнем укрупненных технологических операций. В подразделе «Целевые работы» перечислены операции, обязательные для всех ЛА: приемка от цеха окончательной сборки; осмотр монтажей по всем технологическим группам; промывка и проверка на проливочном стенде топливных, масляных фильтров и фильтров-сигнализаторов после расконсервации двигателей и после первого полета; анализ состава масла АМГ-10; анализ топлива на чистоту перед отправкой ЛА в эксплуатацию; подтяжка стыковых болтов по разьему крыла после контрольно-приемного полета и др. Каждый пункт имеет обязательную отметку о выполнении и приемке.

В отдельном подразделе записывается перечень периодических наземных испытаний (например, взвешивание и определение центра тяжести пустого окрашенного ЛА с невырабатываемым остатком топлива и полностью заправленными масляными баками); периодические летные испытания (например, тарировка приемников воздушного давления).

Заключение о пригодности ЛА к эксплуатации подписывается летчиком-испытателем, начальником ЛИС и начальником БТК ЛИС. Подтверждающая часть заключения подписывается летчиком-испытателем заказчика и старшим представителем заказчика на ЛИС.

Раздел заканчивается перечнем выполненных конструктивных изменений и доработок с указанием номера чертежа, отметок о выполнении и приемке этих работ.

Раздел III. Индивидуальные особенности изделия. В этом разделе записываются отступления от технологии, конструкции,

регулирующие данные. Содержание этого раздела заносится в формуляры ЛА и двигателей.

Раздел IV. *Выполнение регламентных работ.* Раздел заполняется в случае задержки ЛА на ЛИС для выполнения некоторых видов испытаний, доработок и потребности проведения при этом работ в соответствии с регламентом технического обслуживания.

Раздел V. *Выполнение опытных и проверочных работ* по служебным запискам и технологическим предписаниям ОГК, ОГТ, ОГМет на ЛА в цехе окончательной сборки и на ЛИС. В разделе обязательно указываются номер документа, исполнитель и проверяющий.

5.2. «ДЕЛО ЛА» ПО НАЗЕМНОЙ ОТРАБОТКЕ

«Дело ЛА» или «Дело БТК» состоят из документов, отражающих виды, последовательность и объем работ, проводимых на ЛИС в процессе отработки ЛА. В них зафиксированы деятельность исполнителей в виде предъявлений БТК, работа контрольного аппарата ЛИС (предъявления представителю заказчика) и контрольные документы проверки отдельных систем и их элементов.

Основные предъявления БТК на серийные ЛА и на ЛА, прошедшие ресурсные доработки, включают документы по отработке систем управления ЛА и двигателями, топливной и масляной систем, гидравлической и воздушной систем, шасси и системы торможения, основных, аварийных и технических люков, герметичности топливной системы до начала летных испытаний и после сдаточных;

документы по результатам проверки общих технических осмотров перед выполнением первого полета;

готовность двигателей, планера и всех систем перед выполнением каждого заводского, контрольно-проверочного полетов и перед отправкой ЛА заказчику;

чистота ЛА и отсутствие посторонних предметов перед каждым полетом и перед оформлением по готовности к эксплуатации;

предъявление представителю заказчика к приемке монтажей испытаний систем и их элементов.

Контрольные документы, разрабатываемые в цехе, содержат протоколы: контрольной пробы двигателей; определения несливаемого и невырабатываемого остатков топлива (с включенной системой откачки и без нее); времени заправки всех баков через заливные горловины и через систему централизованной заправки при максимальных допустимых значениях давления и расхода; времени аварийного слива топлива; показа-

ний топливомеров, уровней срабатывания сигнализаторов автомата расхода и сигналов заправки в стояночном положении и в линии полета; проверки автоматов расхода, выравнивания, балансировки, масляной системы двигателя; системы измерения количества, температуры и давления масла; отработки навигационного оборудования; списывания девиации;

таблицы поправок к показаниям топливомеров в стояночном положении и в линии полета;

паспорта регулировочных данных систем;

карты прочности и состояния внешней поверхности ЛА, контроля наземной отработки аналоговых параметров системы автоматического управления ЛА в полете;

осциллограммы и тарировочные графики контролируемых параметров и процессов;

планы технических осмотров БТК планера и его элементов, двигателей, систем по всем службам и проверок их под током перед выполнением первого полета и перед предъявлением заказчику; проверок пономерной и типовой технической документации; осмотра после летных испытаний; осмотра на чистоту и отсутствие посторонних предметов;

ведомости дефектов ЛА, составляемые в процессе каждого осмотра исполнителями, работниками БТК и представителями заказчика; ведомости дефектов по технической документации; акты на отработку монтажей и установку модифицированных систем и аппаратуры;

лист готовности эксплуатационной документации.

К числу контрольных документов относятся результаты анализа топлива и масла после отработки систем и др.

5.3. «ДЕЛО ЛА» ПО ЛЕТНЫМ ИСПЫТАНИЯМ

К основным документам относятся полетные листы и листы-задания, журнал подготовки ЛА к полетам и контрольные листы. Полетный лист и лист-задание на испытательный полет являются основными документами, дающими право летчику-испытателю и экипажу на выполнение полета.

Задание на испытательный полет разрабатывается и записывается в полетный лист, как правило, ведущим инженером по летным испытаниям или начальником ЛЭГ в соответствии с программой летных испытаний. В задании указываются порядок и последовательность, режимы и высоты полета, возможные особые случаи в полете и порядок действий при этом (меры безопасности), ограничения, метеоусловия.

В полетный лист записываются все изменения в конструкции или оборудовании ЛА, доработки, выполненные после

последнего полета. Результаты выполнения полетного задания записываются командиром экипажа.

Журнал подготовки ЛА к полетам содержит неисправности выявленные в процессе предполетной и послеполетной подготовки ЛА, результаты целевых осмотров и дополнительные работы.

Контрольные листы оформляются на каждый полет и свидетельствуют о том, что данный ЛА подготовлен для выполнения полета в соответствии с заданием и требованиями действующей технической документации. В контрольных листах отражаются: весь процесс предварительной, предполетной подготовки и подготовки к повторным полетам, заправка и снаряжение ЛА, замечания летного состава после полета и отметки об устранении замечаний.

Кроме того, в «Дело ЛА» по летным испытаниям подшиваются журналы бюллетеней и доработок по ним с анализом неисправностей ЛА и перечнем мероприятий по их предупреждению и др.

5.4. ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, ПОСТАВЛЯЕМАЯ С КАЖДЫМ ЛА И ОТДЕЛЬНО ЗАКАЗЧИКУ

5.4.1. Типовая документация

1. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию, содержащее краткое описание ЛА с указаниями по эксплуатации, в том числе и по летной.

2. Контрольная карта обязательных проверок ЛА экипажем перед взлетом и посадкой.

3. Альбом фидерных схем электро- и радиооборудования.

4. Альбом основных сочленений и ремонтных допусков.

5. Технические условия и руководство по капитальному ремонту.

6. Нормы расхода запасных частей и материалов на капитальный ремонт и др.

Первые два пункта относятся к обязательной эксплуатационной документации, поставляемой с каждым ЛА. Весь список составляет дополнительный комплект, поставляемый с ЛА по отдельному договору.

5.4.2. Понумерная документация

1. Формуляры ЛА с протоколами списания девиации; паспортами на гермокабины с результатами их испытаний на герметичность; шпелеровочным паспортом; протоколом взвешивания пустого ЛА с перечнем оборудования, относящегося к

массе пустого ЛА и массе его снаряжения; характеристиками систем управления и перечнем программ автоматизированной обработки и экспресс-анализа полетной информации.

2. Формуляры двигателей (в том числе и ВСУ) с паспортами на установленные на них агрегаты и готовые изделия.

3. Описания, инструкции и паспорта на агрегаты и изделия других заводов.

4. Ведомость эксплуатационных документов.

5. Альбомы формулярных электросхем ЛА с внесенными изменениями.

6. Сводные ведомости одиночного и группового комплектов запасных частей, наземного оборудования и инструмента и их иллюстрированные перечни.

7. Приемосдаточная ведомость.

6. ВОПРОСЫ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ИСПЫТАНИЙ

К основным задачам испытаний авиационной техники относятся: определение реальных характеристик элементов систем и в целом ЛА; соответствие ЛА заданным показателям; обнаружение дефектов, выявление несовершенства конструкции и технологии изготовления и др. Опыт работы в этом направлении показывает, что эффективность решения этих задач зависит от вида и уровня испытаний.

ЛА относится к сложным системам, испытания его являются комплексными, охватывающими весь цикл создания от разработки технического задания до летных испытаний. При этом в планировании испытаний используется иерархический подход, поскольку всякая сложная система может быть разделена на ряд подсистем, блоков, элементов со своими частными программами испытаний, в которых четко определены цели, задачи и объем выполняемых работ.

Комплексное планирование должно учитывать специфические задачи, решаемые на каждом уровне испытаний (табл. 6.1).

Основным преимуществом испытаний на низших уровнях иерархии является гораздо большая (по сравнению с высшими уровнями) вероятность обнаружения дефектов конкретных агрегатов, блоков и т. п. и возможность проведения активного эксперимента, т. е. возможность испытаний отдельных элементов систем ЛА с независимым от других элементов вводом данных.

Испытания на уровне систем (эта работа проводится на летно-испытательной станции) позволяют оценивать взаимодействия отдельных элементов и систем и определить их характеристики и характеристики ЛА в целом.

Перечень задач для различных уровней испытаний

Вид испытаний	Уровень структурной иерархии	Цели испытаний
Летные	Летательный аппарат	Оценка взаимодействия взаимосвязанных систем, влияния их характеристик на характеристики ЛА; оценка характеристик ЛА, различных аспектов летной годности и эффективности ЛА; выявление дефектов, ошибок проектирования, производства и доводка ЛА и его систем.
Наземные	Системы ЛА	Оценка взаимодействия агрегатов, блоков, устройств, механизмов и совершенства их конструкции; оценка кинематических и динамических характеристик; выявление дефектов
	Агрегаты, блоки, устройства	Оценка взаимодействия элементов и узлов, выявление дефектов

6.1. КРИТЕРИАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ В ПРОЦЕССЕ ИСПЫТАНИЙ

Наиболее общей характеристикой сложной системы в общей теории систем принято считать ее *эффективность*, т. е. степень соответствия системы своему назначению. Текущая эффективность сложной системы выявляется в процессе испытаний. Это позволяет в качестве технического критерия эффективности системы принять рассогласование между заданным и выявленным текущими значениями эффективности, отнесенное к затратам (время, стоимость), необходимым для получения выходного эффекта. Аналитическое выражение такого критерия имеет вид

$$K_s = \frac{W_{zi} - W_i(t)}{S}, \quad (6.1)$$

где W_{zi} — заданное значение эффективности системы; $W_i(t)$ — текущее значение эффективности; S — затраты на достижение выходного эффекта в стоимостном или временном выражении. Отметим, что *под эффективностью системы понимается вероятность ее безотказной работы.*

6.2. МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ

Поскольку любое испытание направлено на выявление отказов и неисправностей, для получения зависимости между текущей эффективностью системы и временем (стоимостью) испытаний рассматриваются основные свойства процесса обнаружения дефектов.

В теории надежности фундаментальным уравнением, описывающим процесс обнаружения дефектов, является зависимость

$$\frac{d}{dt} \ln P_j(t) = Q_j, \quad (6.2)$$

где $P_j(t)$ — вероятность обнаружения дефекта за время t ; Q_j — вероятность обнаружения дефекта за то же время. Зависимость расписана для единичного (частного) испытания определенного типа, проводимого по единой программе с неизменными условиями.

Решение этого уравнения для i -й составляющей комплекса с числом испытаний K имеет вид (полная вероятность необнаружения дефекта в течение всего испытания)

$$P_i(t) = P_{0i} \exp[-Q_1 t_1 - \dots - Q_k t_k], \quad (6.3)$$

где P_{0i} — вероятность необнаружения дефекта к началу i -й программы испытаний.

Если обозначить общее время испытаний через

$$\tau_i = t_1 + \dots + t_k,$$

относительное время, затраченное на каждый j -й тип испытаний, будет равно: $\alpha_j = t_j/\tau_i$. Тогда можно записать

$$P_i(t) = P_{0i} \exp[-\lambda_i \tau_i], \quad (6.4)$$

где $\lambda_i = \sum_{j=1}^k Q_j \alpha_j$ — средняя интенсивность обнаружения дефектов комплекса испытаний.

Полученное уравнение в реальных условиях представляет собой закон изменения вероятности необнаружения дефектов при испытании некоторой сложной системы на i -м уровне иерархии.

Характерной особенностью экспоненциального распределения является независимость интенсивности отказов (или интенсивности их обнаружения) от наработки, т. е. распределение описывает внезапные отказы, появляющиеся без каких-либо предшествующих симптомов. Экспоненциальное распределение имеет место и в случае, когда объект испытаний состоит из большого числа элементов и вероятности отказа каждого из них малы. Оба случая хорошо подходят к условиям работы ЛА

в условиях отработки его на ЛИС завода-изготовителя: испытания проводятся на уровне систем, наработка их элементов значительно меньше ресурса и вероятность появления усталостных разрушений, интенсивного износа, старения и накопления повреждений мала. Перечисленные отказы описываются нормальным распределением и имеют место в случае длительных (ресурсных, эксплуатационных и т. п.) испытаний и в процессе эксплуатации.

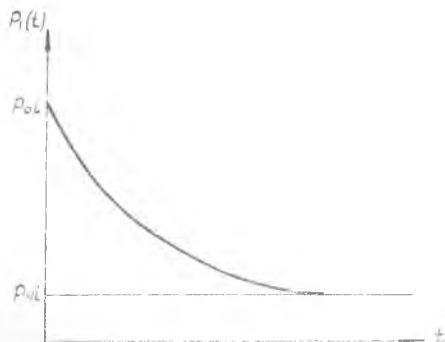


Рис. 6.1. Зависимость вероятности обнаружения отказов от времени испытаний в реальных условиях

В реальных испытаниях вероятность обнаружения отказов и неисправностей $P_i(t)$ стремится не к нулю, как это следует из выражения (6.4), а к значению вероятности P_{ni} наличия в системе необнаруженных дефектов по причине несовершенства программы или испытательного оборудования (рис. 6.1).

С учетом этой величины полная вероятность обнаружения дефекта на i -м уровне иерархии испытаний запишется

в виде

$$P_i(t) = P_{ni} + P_{0i} \exp[-\lambda_i \tau_i]. \quad (6.5)$$

Последнее выражение позволяет получить модель динамики эффективности системы в процессе испытаний.

Из теории надежности известно, что сумма вероятности обнаружения дефекта $1 - P_i(t)$ и вероятности отказа системы $R_i(t)$ равна единице:

$$[1 - P_i(t)] + R_i(t) = 1, \quad (6.6)$$

где $R_i(t) = 1 - W_i(t)$ — вероятность отказа системы; $W_i(t)$ — вероятность безотказной работы (эффективность системы). Подставляя в формулу (6.6) выражение (6.4), получаем

$$1 - P_{ni} - P_{0i} \exp(-\lambda_i \tau_i) + 1 - W_i(t) = 1.$$

В этом случае эффективность системы запишется в виде

$$W_i(t) = 1 - P_{ni} - P_{0i} \exp(-\lambda_i \tau_i) = P_{pri} - P_{0i} \exp(-\lambda_i \tau_i), \quad (6.7)$$

где $P_{pri} = 1 - P_{ni}$ — предельное для данного i -го уровня испытаний значение эффективности системы.

Скорость изменения эффективности системы для полученной экспоненциальной модели пропорциональна обнаруженной

в процессе испытаний ненадежности:

$$\frac{d P_i(t)}{dt} = \lambda_i P_{0i}. \quad (6.8)$$

Поскольку в системе имеется ограниченное количество дефектов, скорость роста ее эффективности при единичных испытаниях монотонно убывает за счет уменьшения числа оставшихся в ЛА дефектов.

Предельные значения $P_{пр i}$ эффективности системы определяются степенью адекватности условий испытаний реальным эксплуатационным режимам и с повышением уровня иерархии возрастают. Это объясняется тем, что на высших уровнях испытаний появляются отказы и неисправности (к которым также относится и несоответствие параметров требуемым данным), обусловленные взаимодействиями отдельных элементов и целых систем, т. е. специфические дефекты.

Интенсивность отказов λ_i с переходом на высшие ступени иерархии уменьшается, поскольку при испытании систем сложно обнаружить и локализовать отказы их отдельных компонентов.

Отмеченные особенности записываются в виде системы неравенств

$$\begin{cases} P_{пр i-1} < P_{пр i}, \\ \lambda_{i-1} > \lambda_i. \end{cases} \quad (6.9)$$

Полученная модель (6.7) позволяет определить время проведения испытаний на заданном уровне как

$$\tau_i = \frac{1}{\lambda_i P_{0i}} \ln [W_i(t) - P_{пр i}]. \quad (6.10)$$

Суммируя время по всем уровням иерархии при $i = 1, 2, \dots, N$, получим

$$T = \sum_{i=1}^N \left\{ \frac{1}{\lambda_i P_{0i}} \ln [W_{zi}(t) - P_{пр i}] \right\}. \quad (6.11)$$

где W_{zi} — заданная для i -го уровня испытаний эффективность, являющаяся одновременно начальной эффективностью для $i + 1$ -го уровня.

Из последнего соотношения видно, что время испытаний определяется параметрами математической модели (6.7).

6.3. УСЛОВИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ПЕРЕХОДА ОТ НАЗЕМНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛА К ЛЕТНЫМ

Наземные и летные испытания ЛА должны планироваться таким образом, чтобы вся программа комплексных испытаний обеспечивала отработку его с наилучшим качеством при наименьших затратах средств и времени.

Если структура испытаний на каждом уровне иерархии задана (определены модели динамики эффективности для каждого уровня), то задача оптимизации может быть поставлена следующим образом.

Пусть к началу проведения испытаний, т. е. при $t_0 = 0$, система обладает некоторой начальной эффективностью W_0 . В результате проведения испытаний за счет выявления и устранения дефектов проектирования и технологии производства необходимо повысить эффективность системы до некоторого заданного значения W_3 . Известно также, что переход из состояния W_0 в состояние W_3 осуществляется в N этапов, соответствующих N уровням иерархии испытаний. На каждом i -м этапе испытаний эффективность системы повышается от начального значения W_{0i} до некоторого значения $W_i = W_{0i+1}$, которое, в свою очередь, является начальным значением эффективности для следующего этапа.

В нашем случае всю иерархию можно разбить на два этапа — наземные и летные испытания. В соответствии с методами динамического программирования в качестве критерия оптимальности принимается функция

$$\Phi = \tau_i + \tau_{i-1} = \tau_{\text{л}} + \tau_{\text{н}}. \quad (6.12)$$

С учетом (6.10) функция (при неслучайных начальных параметрах динамики эффективности) запишется в виде

$$\Phi = \frac{1}{\lambda_{\text{л}} P_{\text{ол}}} \ln [W_{\text{л}}(t) - P_{\text{пр л}}] + \frac{1}{\lambda_{\text{н}} P_{\text{он}}} \ln [W_{\text{н}}(t) - P_{\text{пр н}}].$$

Дифференцируя это выражение по $W(t)$ и приравнявая производную нулю, получаем

$$\lambda_{\text{л}} P_{\text{ол}} [W_{\text{л}}(t) - P_{\text{пр л}}] = \lambda_{\text{н}} P_{\text{он}} [W_{\text{н}}(t) - P_{\text{пр н}}] \quad (6.13)$$

— условие оптимального перехода от $i-1$ -го (наземные испытания) уровня к i -му (летные испытания). Выражение показывает, что точкой оптимального перехода является точка равенства скоростей роста эффективности на $i-1$ -м уровне в точке перехода и на i -м уровне в начальной точке. В реальных условиях задачу определения оптимальных точек перехода необходимо решать с учетом случайного характера параметров динамики эффективности, описываемых в большинстве случаев экспоненциальными и логистическими моделями.

Примерный вид получаемых кривых показан на рис. 6.2, из которого видно, что скорость роста эффективности наземных испытаний выше, чем летных, но предельное значение эффективности летных испытаний выше. Если отработку ЛА производить только в летных испытаниях, время на их проведение затрачивается наибольшее. Оптимальным вариантом следует

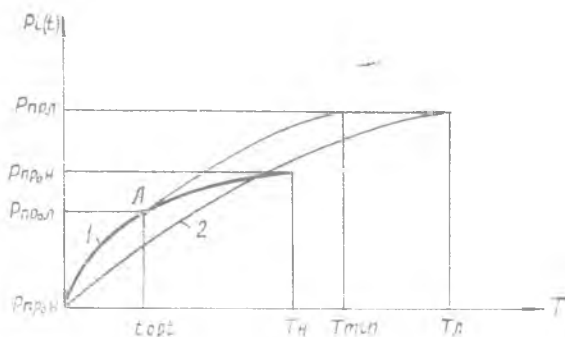


Рис. 6.2. Оптимальное деление наземных и летных испытаний: 1—рост эффективности при наземных испытаниях; 2—при летных испытаниях

считать начальную отработку на земле до $P_{пр\ л}$ и $t_{опт}$ (точка A) и далее в воздухе. При этом ЛА выйдет на заданный уровень $P_{пр\ л} = W_3$ за время $T_{мин}$.

7. ИНТЕГРАЛЬНЫЙ ПОКАЗАТЕЛЬ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЛА И ЕГО СИСТЕМ

Совокупность соотношений, позволяющих установить, являются ли ЛА в целом, проверяемая система или отдельные ее устройства работоспособными или нет, принято называть *функцией работоспособности*. При решении задач диагностического контроля функция работоспособности позволяет выявить дополнительные сведения, способствующие установлению характера, места отказа и влияния его на работоспособность системы.

Большие системы имеют некоторую избыточность, поэтому отказы отдельных элементов и устройств зачастую не приводят к прекращению функционирования этих систем. Отдельные отказы только снижают эффективность системы. Работоспособность большой системы нарушается, если по мере накопления отказов ее эффективность становится ниже допустимого уровня.

Пусть контролируется K параметров проверяемой системы: $X_1(t)$, $X_2(t)$, ..., $X_k(t)$, техническое состояние которой в любой момент времени t_0 , $t_1, \dots, t_i, \dots, t_k$ определяется режимом работы отдельных элементов, степенью исправности, наличием и характером внешних воздействий.

Функция работоспособности системы представляет собой вектор-функцию $\bar{S}[X(t)] = [X_1(t), X_2(t), \dots, X_k(t)]$, изменение которой можно рассматривать как движение конца вектора $\bar{S}(\bar{t})$ по некоторой гиперповерхности. Движение вектора происходит в направлении допустимой гиперповерхности, характеризующей предельно допустимые состояния функции работоспособности $S^*(\bar{X}) = [X_{10}(t), X_{20}(t), \dots, X_{k0}(t)]$.

Радиус гиперповерхности равен наибольшему допустимому отклонению вектора $\bar{S}(t)$ от вектора $S^*(\bar{X})$:

$$R = \max[\bar{S}(\bar{t}) - S^*(\bar{t})]. \quad (7.1)$$

Следовательно, степень соответствия системы требованиям, выполнение которых необходимо для ее нормальной работы в исправном состоянии, может характеризоваться величиной

$$\Pi = \frac{\bar{S}(\bar{t}) - S^*(\bar{X})}{\bar{S}(\bar{t})_{\max} - S^*(\bar{X})}. \quad (7.2)$$

Скалярная величина Π является показателем технической эффективности, которая может быть использована в качестве обобщенного параметра состояния системы или ЛА в целом.

Обобщенный параметр работоспособности может быть определен следующим образом. Разноразмерные, несопоставимые по абсолютным значениям замеренные параметры работы системы переводятся в относительные, сопоставимые путем вычисления относительных разностей $\bar{X}_i(t_n)$ каждого параметра и значения его, принятого за норму $\bar{X}_0(t_n)$:

$$\bar{X}_i(t_n) = \frac{X_i(t_n) - X_0(t_n)}{X_0(t_n)}. \quad (7.3)$$

В связи с тем, что степень значимости (весомости) отдельных замеряемых параметров неравнозначна (более значимые для работоспособности системы показатели имеют меньшие допустимые отклонения и тем самым меньшую вариабельность, т. е. более строго выдерживаются в заданных пределах в процессе работы), коэффициенты влияния при наличии статистических данных вычисляются по формуле

$$p_i = C/m_i^2, \quad (7.4)$$

где C — постоянная, выбираемая из условий удобства масштаба; m_i — среднеквадратичное отклонение величины $\bar{X}_i(t_n)$.

По полученным данным рассчитывается взвешенное среднее для интересующего нас момента времени:

$$\bar{S}(t) = \frac{\sum_1^n P_i \bar{X}_i(t_n)}{\sum_1^n P_i}. \quad (7.5)$$

Оценка функции $S^*(\bar{X})$ производится по той же методике, где под $\bar{X}_{i0}(t_n)$ подразумеваются предельные для исправного состояния системы значения измеряемых параметров с учетом знака: $S^*(\bar{X})$ имеет положительный знак, если предельное значение параметра больше нормированного, и отрицательный — если меньше.

Обобщенный параметр, рассчитываемый по предлагаемой методике, является чувствительной характеристикой, учитывающей влияние изменения отдельных параметров работоспособности ЛА или его систем.

8. ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

8.1. ОРГАНИЗАЦИЯ ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Укрупненная схема организации подготовки и проведения летных испытаний и других специальных испытаний самолета приведена на рис. 8.1—8.3.

При подборе кадров для проведения летных испытаний необходимо учитывать следующие особенности. *Во-первых*, подготовка летных испытаний проводится задолго до их начала и включает работы различного характера, в силу чего требует привлечения специалистов высокой квалификации по целому ряду направлений. При этом специалисты, осуществляющие подготовку летных испытаний (методисты, метрологи, мотористы, планеристы, управленцы др.) в той или иной мере должны участвовать в их проведении.

Во-вторых, проведение опережающих (в интересах испытаний) научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ с применением новых методов и средств испытаний даже специалистами, имеющими большой опыт выполнения подобных работ и высокую квалификацию, требуют предварительной подготовки. Как показывает опыт, только на отработку программы и методики летных испытаний, технологии отработки и анализа материалов эксперимента с одновременной тренировкой летного и наземного состава испытателей на стендах, тренажерах и опытных изделиях требуется около двух лет. Поэтому состав испытательной бригады следует определять на ранних стадиях создания летательного аппарата, а подготовку участников испытаний рассматривать как одно из важных мероприятий.

Материально-техническое снабжение работ по подготовке и проведению летных испытаний должно быть направлено на обеспечение предприятия сырьем, материалами, надлежащим



Рис. 8.1. Укрупненная схема организаций подготовки и готовности самолета к проведению серийных испытаний

оборудованием, готовыми изделиями для ремонтно-эксплуатационных работ и горюче-смазочными материалами. При организации МТС необходимо учитывать ряд особенностей, связанных с характером работ, в том числе характером производства опытных функциональных и других систем летательного аппарата, территориальную разобщенность предприятий и испыта-

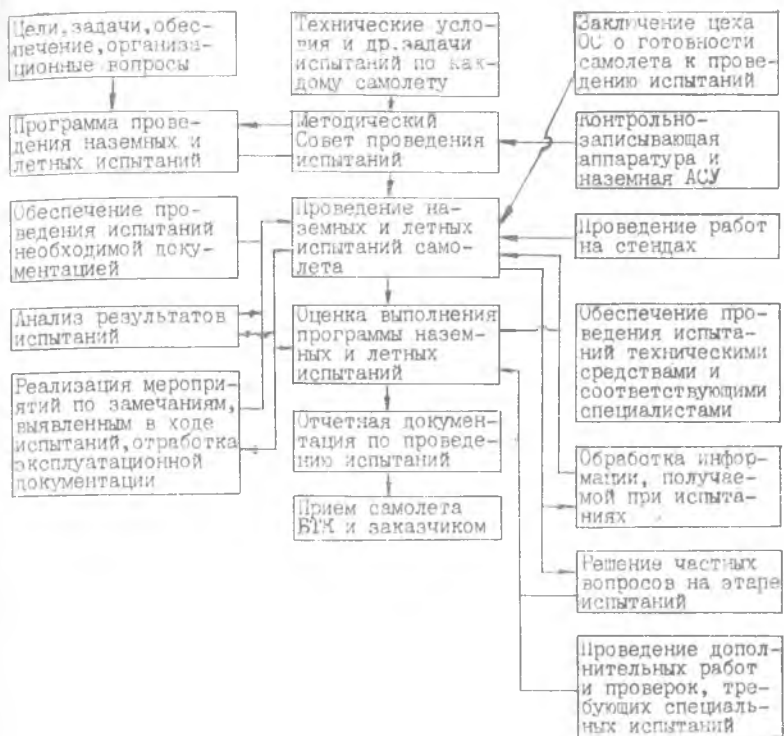


Рис. 8.2. Укрупненная схема организации проведения испытаний самолета

тельных баз, широкую номенклатуру материалов, агрегатов и изделий, включая опытные, и необходимость оперативной реализации дополнительных потребностей.

8.2. КРАТКИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ ПРОВЕДЕНИЯ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Процесс проведения испытаний самолета — не простая задача, и успешное решение ее возможно только при неуклонном соблюдении жизненных правил:

при подборе состава экипажа необходимо придерживаться принципа добровольности;

необходимо стремиться к тому, чтобы каждый специалист, получая задание, не только понял, для чего нужно его выполнение, но и согласился с тем, что в данных условиях именно тот

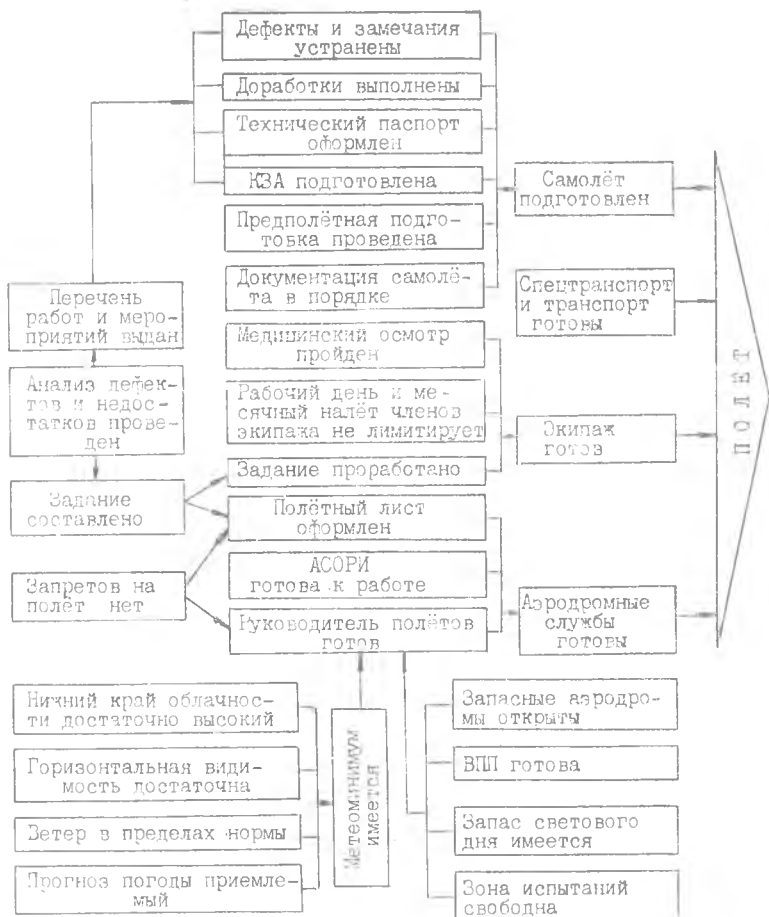


Рис. 8.3. Условия выполнения серийного испытательного полета

путь, который предлагается, является наиболее целесообразным;

не следует пренебрегать возражениями и рекомендациями сотрудников, бояться признать свою ошибку и изменить принятое решение;

необходимо признавать за специалистами право на ошибку, но быть абсолютно нетерпимым ко лжи, сокрытию фактов, разгильдяйству и безответственности;

необходимо учитывать мнение испытателей при определении сроков выполнения той или иной работы, а затем строго требовать выполнения ими взятых на себя обязательств;

необходимо помнить, что моральное право требовать от сотрудников напряженного труда (включая и сверхурочное время) имеет только тот руководитель, который сам, и в значительно большей степени, самоотверженно трудится в интересах общего дела;

необходимо считать одной из важнейших своих обязанностей постоянную заботу об условиях труда и быта специалистов и сотрудников, об их моральном и материальном поощрении, это и будет способствовать превращению специалистов в единый целеустремленный коллектив, выполняющий проведение испытательных полетов;

немаловажным также является такое условие, чтобы к началу рабочего дня руководителем проведения испытаний (ведущим инженером, начальником ЛИС) был продуман, четко сформулирован и доведен до исполнителей дневной план работ.

8.3. ПОДГОТОВКА САМОЛЕТА К ПЕРВОМУ ПОЛЕТУ

На самолете должен быть выполнен цехом окончательной сборки весь перечень работ и устранены дефекты, а далее проверен весь перечень работ в соответствии с техническими условиями и технологическим процессом. Одной из важнейших составляющих работ технологического процесса является проверка средств аварийного покидания самолета. Здесь должно быть обращено внимание не только на нормальное функционирование всех систем этого комплекса, но и на наличие необходимых зазоров между катапультируемыми креслами и элементами конструкции кабины в процессе выхода кресел или на работу эскалатора. Такие проверки должны проводиться при наличии в кресле соответствующего числа членов летного экипажа.

Летные испытания самолетов относятся к работам, связанным с повышенной степенью риска, поэтому особое внимание должно уделяться как вопросам тщательности подготовки материальной части, так и методического обеспечения испытаний специалистами, имеющими высокий профессиональный уровень и надлежащий жизненный опыт.

Первый полет серийного самолета не может быть приравнен к первому вылету опытного самолета, но все равно велико бремя ответственности, которое несут испытатели. В психологическом напряжении кроется опасность различных ошибок как наземного, так и летного экипажей в период подготовки и выполнения первого полета, поэтому необходимо принимать все меры для сни-

жения опасного влияния психологического фактора. Это должно учитываться как в организации непосредственной подготовки к полету, так и при проработке задания на полет.

Следует отметить, что обстановка спешки при подготовке к полету несовместима с высоким качеством работы. При подготовке первого полета администрации, а также ведущему инженеру необходимо воздержаться от попыток ускорить работу наземного экипажа и оградить его от воздействия со стороны. Необходимо создать определенный резерв времени, когда каждый член экипажа мог бы продумать, не упущен ли какой-либо существенный момент в подготовке самолета к первому полету.

Количество заправляемого топлива определяется продолжительностью полета. Обычно при серийных испытаниях количество заправляемого топлива увеличивается постепенно от полета к полету, для того чтобы нагрузки на шасси и элементы планера на взлете увеличивались постепенно. Кроме того, в первом полете имеет место вероятность возникновения ситуации, когда требуется срочно выполнить посадку. Выполнение посадки при повышенном весе самолета, в свою очередь, увеличивает сложность посадки и вероятность появления остаточных деформаций.

Заключительным этапом подготовки к полету является осмотр самолета летным экипажем, запуск и опробование двигателей, проверка работы бортовых системы перед вырубиванием на старт — один из наиболее ответственных элементов процесса подготовки. При этом у летного или наземного экипажей могут возникать вопросы или быть обнаружены те или иные неисправности, в связи с чем ведущий инженер должен обязательно находиться у самолета. От его опыта, знания материальной части, умения быстро оценить ситуацию и принять правильное решение нередко зависит судьба выполнения полета. Ведущий инженер обязан отложить выполнение полета при малейших сомнениях в исправности материальной части. При серийных испытаниях эти явления довольно редки. И обычно первые полеты проходят на высоком техническом уровне.

После заруливания или установки самолета на стоянку должен быть выполнен послеполетный осмотр самолета и одновременно с него сняты и переданы в обработку носители информации (различного типа кассеты с осциллограммами, магнитными и другими лентами). Одновременно с этими работами проводится разбор полета в присутствии специалистов, готовивших самолет к полету, где летчик и все члены экипажа докладывают о выполнении задания, своих впечатлениях, полученных результатах и замеченных недостатках. Обычно эта работа проводится непосредственно после полета, так как возможна потеря части информации, сглаживаются впечатления, оценки становятся

менее выразительными. При всем разнообразии и точности получаемой при летных испытаниях объективной информации необходимо тщательно прислушиваться к замеченным летчиком или членами экипажа недостаткам и принимать соответствующие меры к их устранению.

8.4. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ ПО ПРОВЕРКЕ ПОВЕДЕНИЯ САМОЛЕТА, ОЦЕНКА УСТОЙЧИВОСТИ И УПРАВЛЯЕМОСТИ, РАБОТЫ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК И ВСЕГО ОБОРУДОВАНИЯ

В настоящее время не на каждой летно-испытательной станции или летно-испытательном комплексе имеют место так называемые технологические методики проведения летных испытаний серийных самолетов, которые отражают последовательность выполнения, технологию проверок и оценок всех параметров каждым членом экипажа самолета на соответствие требованиям технических условий. Это дает возможность найти общие мнения и оценку самолета между летными экипажами поставщика и заказчика. Основное содержание этих методик в общем виде сводится к следующему.

8.4.1. Поведение самолета

Оценка поведения самолета в целом заключается в получении ответов на ряд вопросов, наиболее характерных при испытании первого серийного или модернизированного самолета, а также всех испытываемых серийных самолетов.

На рулении. Устойчиво ли выдерживает самолет заданное направление, нет ли тенденции к «козлению» или неуправляемому развороту?

Как управляется колесо?

Каково действие тормозов от нормальной и аварийной систем?

Не приводит ли пользование тормозами или реверсированием тяги к трудно парируемым моментам тангажа или рыскания?

Приемлемы ли усилия на педалях при рулении?

Обеспечивает ли амортизация шасси достаточную плавность движения?

Нет ли существенных особенностей по сравнению с другими самолетами?

На взлете. Легко ли удерживать заданное направление при разбеге?

На какой минимальной скорости осуществим перевод самолета в двухточечное положение?

Легко ли удерживать самолет в двухточечном положении?

Каково время подъема и плавность уборки шасси от соответствующих гидросистем?

Велика ли и какого знака перебалансировка самолета при уборке шасси и взлетной конфигурации механизации крыла?

Нет ли каких особенностей в управлении самолетом на взлете?

Нет ли тряски при выпущенных шасси и взлетной конфигурации механизации крыла?

Нет ли «валежки?»

Приемлемы ли потребные усилия на рычагах управления?

На каждом заданном режиме полета. Нет ли тряски, необычных шумов, вибрации?

Нет ли «валежки?»

Приемлемы ли усилия на рычагах управления?

Достаточны ли диапазоны усилий триммирующих механизмов и пружинных загрузителей?

Нет ли других особенностей в пилотировании на каких-либо режимах полета?

На посадке. Велика ли и какого знака перебалансировка при выпуске шасси и посадочной механизации крыла?

Нет ли тряски и «валежки» при полете в посадочной конфигурации механизации крыла?

Легко ли удержать самолет на курсе и глиссаде при заходе на посадку?

Каковы оптимальная скорость полета и режим работы двигателей при заходе на посадку?

Приемлем ли обзор из кабины экипажа на различных этапах посадки?

Есть ли какие-либо особенности в пилотировании самолета на этапах выдерживания и парашютирования?

Легко ли удерживать самолет в двухточечном положении при пробеге?

Достаточна ли эффективность колесных тормозов и иных устройств при пробеге?

Нет ли тенденции к развороту при заторможенных колесах или применении реверсирования тяги двигателей?

Приемлемы ли усилия на рычагах управления на посадке?

Есть ли какие-либо особенности по сравнению с другими самолетами в пилотировании на режимах посадки?

8.4.2. Устойчивость и управляемость самолета

При испытаниях серийного самолета в основном дается качественная оценка продольной и боковой устойчивости и управляемости самолета, выполняющего соответствующие режимы и маневры.

Количественная оценка характеристик продольной и боковой устойчивости и управляемости самолета, эффективности и шарнирных моментов органов управления дается при наличии дефектов или существенных особенностей по сравнению с другими серийными или головными модернизированными самолетами. Методика выполнения этих работ подробно рассмотрена в существующих руководствах.

8.4.3. Силовая установка

Проверка характеристик силовой установки включает следующие этапы:

проверка работы двигателей и их топливорегулирующей аппаратуры на всех режимах полета;

оценка системы управления двигателями;

проверка работы ВСУ;

проверка останова двигателей в воздухе поочередно с последующим запуском на эксплуатационных режимах;

оценка работы маслосистем и систем суфлирования двигателей, а также систем автоматики регулирования компрессора и сопла.

Эксплуатационная оценка работы двигателей на всех режимах заключается в оценке работы самолетной топливной системы, проверке давления топлива на входе в насосы двигателей, порядка выработки и заправки топлива в баки (при заправке самолета топливом в воздухе), работы перекачивающих устройств, систем наддува и дренажа топливных емкостей на различных режимах полета, включая режимы максимальной скорости подъема, а также максимальной разрешенной вертикальной скорости при экстренном снижении и пикировании.

Эксплуатационная оценка топливной системы включает аварийный слив топлива и систему дозаправки самолета топливом в полете.

8.4.4. Бортовые системы

В системе управления самолетом качественно оценивается и проверяется:

приемлемость величин трения и люфтов в механической части системы, в том числе на режимах, сопровождающихся значительными упругими деформациями конструкций;

приемлемость величин усилий на рычагах управления и характер изменений этих усилий в зависимости от угла отклонения органов управления;

параметры включенных в систему управления автоматических устройств, отсутствие автоколебательных режимов, работа систем встроенного контроля и др.

8.4.5. Гидросистема самолета

Обычно проверяются:

величины давления рабочей жидкости в магистралях давления и слива;

перепады давлений в магистралях при резком отклонении органов управления самолетом, выпуске—уборке шасси, механизации крыла, воздушных тормозов и др;

работа гидробаков, насосов, гидроусилителей и др.

8.4.6. Система шасси

При испытаниях оцениваются:

работа амортизационных стоек шасси;

работа систем управления носовым колесом и его демпфирования;

параметры выпуска—уборки и аварийного выпуска шасси;

параметры, характеризующие работу колесных тормозов при различных видах торможения;

параметры, характеризующие работу антиюзовой автоматки

8.4.7. Системы жизнеобеспечения

Проверяется:

работа системы кондиционирования воздуха в кабине, как-то: достаточность диапазона регулировки температуры воздуха (температурный режим), соответствие принятого закона изменения избыточного давления по высоте полета, степени чистоты поступающего в кабину воздуха;

работа системы кислородного питания экипажа, кислородных приборов, противоперегрузочной автоматки, спасательных костюмов.

8.4.8. Кабины

При испытаниях дается оценка эргономики кабины: удобство расположения приборов, элементов управления и сигнализации, приемлемости обзора из кабины и др.

Проверяются:

частоты и напряжения вырабатываемого переменного тока, их стабильность при изменении режима работы двигателей или нагрузки, напряжение постоянного тока и др.;

системы связи (дальность и качество связи, иногда, по необходимости, диаграммы направленности, электромагнитная совместимость с другими системами), навигационные системы; системы воздушных сигналов.

При проверке работы бортовых систем особое внимание обращают на вибрационные тепловые режимы агрегатов, на герметичность топливных, гидравлических, воздушных, кислородных магистралей и их соединений.

8.4.9. Пассажирская кабина

Проверяется работа кислородных приборов; оборудования кухни; санузлов; температурного режима салона, освещения, сигнализации, магнитофонов.

Примечание. На современных самолетах широко используются новые композиционные материалы. Эксплуатационные свойства их еще недостаточно изучены. Поэтому при проведении летных испытаний на них надо обращать особое внимание.

На каждый тип самолета все эти проверки детально отражены в существующих заводских технологических методиках и технических условиях.

В нашей книге дан иллюстративный пример проведения серийных летных испытаний среднерейсового пассажирского самолета.

8.5. СЕРИЙНЫЕ ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ (СДАТОЧНЫЕ И КОНТРОЛЬНО-ПРИЕМНЫЕ)

Все летные испытания проводятся в соответствии с программой, заданием и профилем полета на каждое задание. *Сдаточные испытания* определяются двумя-четырьмя полетами продолжительностью от двух до четырех часов для среднемагистральных самолетов, для других типов самолетов она может быть другая. *Контрольно-приемные испытания* определяются одним-двумя полетами, продолжительность каждого — от двух до четырех часов. В *периодические испытания* входят:

тарифовка ПВД;

полет на скороподъемность до практического потолка $H_{\text{практ}}$, определение максимальных скоростей по высотам $V_{\text{макс}}(H)$, скоростного напора $q_{\text{макс, макс}}$ и числа $M_{\text{макс, макс}}$;

полет на экстренное снижение самолета с $H = 12000 \dots 11000$ м до $H = 4000$ м;

полет на проверку срабатывания автомата углов атаки и сигнализации перегрузки АУАСП на критических углах атаки самолета;

полет на проверку аварийного слива топлива в воздухе;

полет на полную техническую дальность полета самолета и др.

Задание и профиль 1-го сдаточного полета пассажирского самолета (рис. 8.4).

1. Перед выруливанием и на рулении проверяется и оценивается:

работа двигателей и гидравлических систем;

управление закрылками, интерцепторами, предкрылками, стабилизатором;

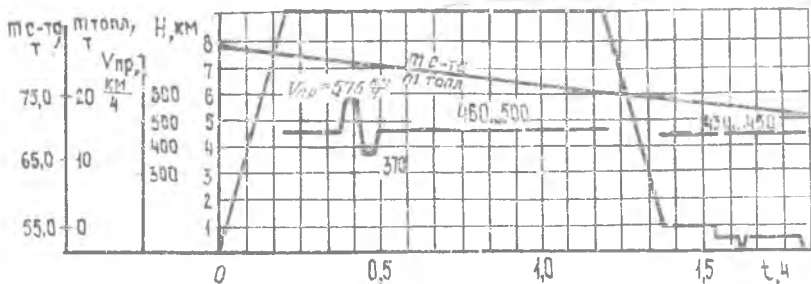


Рис. 8.4. Профиль 1-го взлетного полета

рулежные свойства;
 работа системы управления передним колесом;
 работа тормозов от основной и аварийной систем.

Включается КЗА. Выполняется пробежка до скорости 50 км/час.

2. Взлет, набор высоты $H = 9000$ м. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными на взлетный угол, с включенной системой разворота переднего колеса.

На взлете и наборе высоты проверяется и оценивается:

поведение, устойчивость и управляемость самолета на разбеге, отрыве и наборе высоты (качественно);

управление самолетом;

управление уборкой шасси с замером времени уборки;

управление стабилизатором, предкрылками и закрылками;

работа системы гидроприводов рулей и элеронов;

работа двигателей и показания приборов контроля силовых установок на взлетном и номинальном режимах работы двигателей;

работа радиовысотомеров РВ;

работа топливной системы и показания приборов системы автоматики и измерения топлива и системы измерения расхода топлива;

работа высотного и кислородного оборудования;

скорость изменения давления (высоты) в кабине;

работа АУАСП, МСРП;

работа автоматической бортовой системы управления (АБСУ или САУ) в штурвальный режим и режиме автоматической стабилизации углового положения;

управляемость самолета от АБСУ;

отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу и крену;

работа пилотажно-навигационного оборудования: показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний, систем, СВС, ТКС, НВУ и др.;

работа радионавигационного радиолокационного оборудования типа АРК, РСБН, ДИСС, КУРС-МП и др.;

работа радиосвязного оборудования,

работа системы электроснабжения.

Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наимыгоднейших скоростях полета.

3. Горизонтальный полет $H = 9000$ м. Оцениваются:

управление самолетом, устойчивость и управляемость самолета;

работоспособность силовых установок и приборов контроля их;

системы управления самолетом и двигателями;

работоспособность высотного и кислородного оборудования;

устойчивость и управляемость самолета в режиме установившегося полета;

поведение самолета в режиме горизонтального полета и на разворотах;

система автоматического управления самолетом (АБСУ) в штурвальной режиме и режимах автоматической стабилизации углового положения и высоты полета;

управляемость самолета от АБСУ (отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу, крену и корректора высоты);

режим автоматического полета по маршруту НВУ;

режим стабилизации заданного курса;

пилотажно-навигационное оборудование: показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний системы СВС и мембранно-анероидных и гироскопических пилотажно-навигационных приборов, работа точной курсовой системы ТКС в режимах ГМК, ГПК, НВУ;

радионавигационное и радиолокационное оборудование (работа автоматических радиоконпасов АРК, радиотехнической системы ближней навигации РСБН, дальномеров СД, радиолокаторов, ответчиков, работа ДИСС с проверкой точности показаний угла сноса и путевой скорости);

радиосвязное оборудование (работа командных УКВ и КВ радиостанций);

системы электроснабжения;

светотехническое оборудование;

работа СМИ;

пассажирское и бытовое оборудование (состояние облив-

ки, работа сигнализации, вентиляции и температурный режим пассажирской кабины). Производится предварительная проверка герметичности кабин.

4. Снижение. Проверяется устойчивость и управляемость самолета при АБСУ в штурвальном режиме; в режиме автоматической стабилизации углового положения; управляемость самолета от АБСУ (отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу и крену). Проверяется устойчивость и управляемость самолета при выпуске средних интерцепторов на 10, 20, 30° на высотах от 9000 до 7000 м и на 45° — на высотах менее 7000 м; скорость изменения давления в кабине.

5. $H = 1000$ м. Проверяется и оценивается: устойчивость и управляемость самолета; работа противообледенительной системы.

6. Снижение и посадка. На высоте круга при построении маневра захода на посадку и посадке проверяется и оценивается:

работоспособность навигационно-посадочной системы типа КУРС-МП;

работа АБСУ в штурвальном и автоматическом режимах захода на посадку до $H = 60$ м по СП и ИЛС;

выпуск шасси от основной гидросистемы с замером времени выпуска шасси;

автоматическое управление перестановкой стабилизатора, выпуском предкрылков и закрылков;

работа стеклоочистителей и выпуск посадочных фар;

поведение самолета на планировании при установке стабилизатора, предкрылков и закрылков в посадочное положение;

работа маркерных приемников в режиме «Посадка»;

работа радиовысотометров с определением погрешности в срабатывании схемы « H -решения»;

поведение самолета в предпосадочном режиме, посадке и пробеге;

управление интерцепторами и поведение самолета при их выпуске;

работа системы реверса и эффективность торможения;

работа тормозной системы и эффективность тормозов;

работа системы управления передним колесом.

Примечание. В 1-м стартовом полете и в дальнейшем во всех заданиях и профилях полета скорости, высоты полета самолета, числа M , веса и др. даны ориентировочно для определенного типа самолета. Для других типов самолетов они будут другими.

Задание и профиль 2-го стартового полета пассажирского самолета (рис. 8.5).

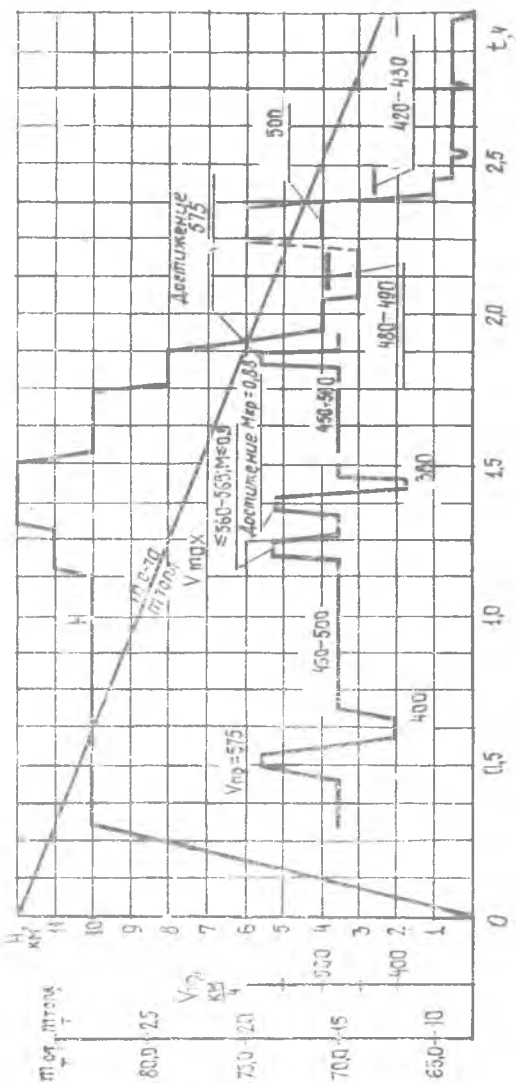


Рис. 8.5. Профиль 2-го слаточного полета

1. Перед выруливанием и на рулении проверяется и оценивается:

- работа двигателей и гидравлических систем;
 - управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;
 - рулежные свойства;
 - работа системы управления передним колесом;
 - работа тормозов от основной и аварийной систем.
- Включается КЗА.

2. На взлете и наборе высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение.

Проверяется и оценивается:

- поведение, устойчивость и управляемость самолета на разбеге, отрыве и наборе высоты (качественно);
- управление уборкой шасси с замером времени уборки;
- управление стабилизатором, предкрылками и закрылками;
- работа системы гидроприводов рулей и элеронов;
- работа двигателей и показания приборов контроля силовых установок на взлетном и номинальном режимах работы двигателей;

работа РВ;

работа топливной системы и показания приборов системы автоматик и измерения топлива и системы измерения расхода топлива;

работа высотного и кислородного оборудования;

скорость изменения давления (высоты) в кабине;

работа АУАСП, МСРП;

работа АБСУ в штурвальный режим и режимах автоматической стабилизации углового положения;

управляемость самолета от системы АБСУ (отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу и крену, режима стабилизации заданных значений числа M через руль высоты);

работа пилотажно-навигационного оборудования: показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний системы СВС, ТКС, НВУ;

работа радионавигационного и радиолокационного оборудования: АРК; РСБН, КУРС-МП и ДИСС;

работа радиосвязного оборудования;

работа систем электроснабжения.

Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наиболее выгодных скоростях полета.

3. Горизонтальный полет $H = 10000$ м. Проверяется и оценивается:

устойчивость и управляемость самолета при работе бустеров от трех и двух гидросистем;

- работа силовых установок и приборов их контроля;
- работа высотного оборудования, температура в кабинах при автоматическом и ручном управлении;
- герметичность кабин и срабатывание сигнализатора ВС-46;
- работа топливной системы;
- работа АБСУ в штурвальной режиме и режимах автоматической стабилизации углового положения и высоты полета;
- управляемость самолета от системы АБСУ: отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу крену и корректору высоты H , режим автоматического полета по маршруту по сигналам НВУ, режим стабилизации заданного курса при полете по маршруту, работа блока контроля крена;
- показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний системы СВС и мембранно-анероидных, гироскопических пилотажно-навигационных приборов;
- работа ТКС;
- работа систем МСРП, АУАСП;
- точность работы курсовой системы ТКС в режимах ГПК и ГМК;
- сравнительное показание компасов на четырех румбах;
- работа НВУ с определением погрешности счисления координат и определением погрешности коррекции НВУ по РСБН, питание барометрических приборов от резервной статической системы;
- работа АРК с определением дальности действия;
- работа РСБН с определением дальности действия;
- работа и дальность действия радиолокатора;
- работа и дальность действия ответчика;
- работа ДИСС с проверкой точности угла сноса и путевой скорости;
- работа и дальность действия двухсторонней радиосвязи по командным УВК радиостанциям;
- работоспособность радиосвязи КВ радиостанции в режиме АМ-ГЛФ, ОМ и ОМН;
- работа источников питания;
- светотехническое оборудование пассажирской кабины;
- работа СМИ;
- состояние облицовки пассажирской кабины;
- работа бытового оборудования, кухни;
- работа оборудования санузлов;
- работа сигнализации в пассажирской кабине;
- вентиляция и температурный режим пассажирской кабины;

работа противообледенителей предкрылков в течение 1 ч.

4. Горизонтальный полет $H = 11000$ м. Проверяется и оценивается:

максимальная скорость на номинальном режиме работы двигателей в горизонтальном полете на установившемся режиме не менее 2..3 мин;

соответствие основных параметров и устойчивость работы двигателей при полете на крейсерской скорости;

работа топливной системы.

5. Горизонтальный полет $H = 12000$ м. Проверяется и оценивается:

поведение самолета при достижении предельного числа M ;

работа двигателей на номинальном режиме;

устойчивость и управляемость самолета;

работа системы управления самолетом и двигателями;

работа топливной системы;

работа высотной и кислородной систем;

работа АУАСП.

На снижении проверяется работа АБСУ в режиме стабилизации и числа M через руль высоты.

6. Горизонтальный полет $H = 10000$ м. Проверяется и оценивается высотный запуск двигателей поочередно на скоростях полета, рекомендованных инструкцией по эксплуатации.

7. Горизонтальный полет $H = 8000$ м. Проверяется и оценивается:

поведение самолета при достижении приборной скорости ограничения;

устойчивость и управляемость самолета;

подключение полетного загрузчика руля направления (РН) дачей РН до момента подключения полетного загрузчика, но не более 1/4 хода.

8. Горизонтальный полет $H = 4000$ м. Проверяется и оценивается работа маркерных приемников в режиме «Маршрут».

9. Горизонтальный полет $H = 3000$ м, $H = 7000$ м. Проверяется и оценивается:

работа и дальность действия ответчика в режиме РСП;

запуск ВСУ от выпрямительных устройств на скоростях полета, рекомендованных инструкцией по эксплуатации.

После запуска проверяется электроснабжение от генераторов ВСУ до $H = 7000$ м.

10. Горизонтальный полет $H = 1000$ м. Проверяется и оценивается:

дальность действия курсового приемника типа КУРС-МП в режиме СП;

работа противообледенительной системы (крыло, стабилизатор, предкрылки, киль).

11. Снижение и посадка. На высоте круга при построении маневра захода на посадку и посадке проверяется и оценивается:

дальность действия глиссадного приемника КУРС-МП в режиме СП или ИЛС, курсового приемника в режиме ИЛС;

работа ССОС в режиме «Снижение с большими вертикальными скоростями» (при отсутствии необходимых метеоусловий проверку разрешается выполнять в 3-м или специальном сдаточном полете);

работа АБСУ в режиме стабилизации заданного курса при построении посадочного маневра, в режиме стабилизации приборной скорости через автомат тяги при планировании и посадке, в директорном и автоматическом режимах захода на посадку с автоматическим уходом на второй круг с $H = 60$ м по СП и с $H = 30$ м по ИЛС;

работа навигационно-посадочной системы КУРС-МП;

работа маркерных приемников в режиме «Посадка»;

работа радиовысотомеров с определением погрешности в срабатывании схемы « H -решения»;

выпуск шасси от второй гидросистемы с замером времени выпуска шасси;

автоматическое управление выпуском предкрылков, перестановкой стабилизатора при выпуске закрылков;

работа стеклоочистителей и выпуск посадочных фар;

поведение самолета в предпосадочном режиме, при посадке и пробеге;

управление интерцепторами и поведением самолета при их выпуске;

работа системы реверса и эффективность торможения;

работа тормозной системы и эффективность тормозов;

работа системы управления передним колесом.

Задание и профиль 3-го сдаточного полета пассажирского самолета (рис. 8.6).

1. На рулении, перед взлетом проверяется и оценивается:

работа двигателей и гидравлических систем;

управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;

рулежные свойства;

работа системы управления передним колесом;

работа тормозов от основной и аварийной систем.

Включается КЗА.

2. Взлет. Набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и ста-

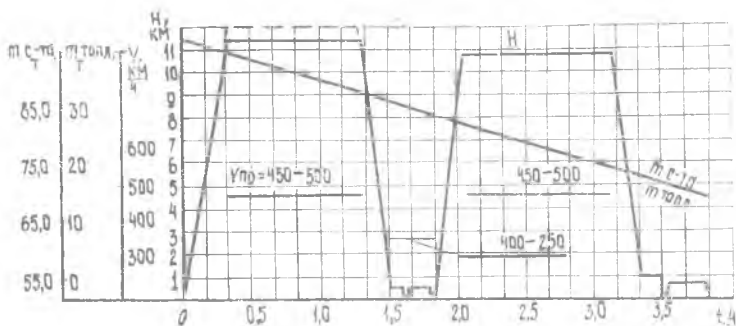


Рис. 8.6. Профиль 3-го сдаточного полета

биллизатором, установленными во взлетное положение. На взлете и при наборе высоты проверяется и оценивается:

поведение, устойчивость и управляемость самолета на разбеге, отрыве и наборе высоты (качественно);

управление уборкой шасси с замером времени уборки;

управление стабилизатором, предкрылками и закрылками;

работа системы гидроприводов рулей и элеронов;

работа двигателей и показания приборов контроля силовых установок на взлетном и номинальном режимах работы двигателей;

работа радиовысотомеров;

работа топливной системы и показания приборов системы автоматики и измерения топлива и системы измерения расхода топлива;

работа высотного и кислородного оборудования;

скорость изменения давления (высоты) в кабине;

работа АУАСП, МСРП;

работа АБСУ в штурвальном режиме и режиме автоматической стабилизации углового положения;

управляемость самолета от систем АБСУ: отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу и крену, режим стабилизации заданных значений числа M через руль высоты;

работа пилотажно-навигационного оборудования: показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний систем СВС, ТКС, НВУ;

работа радионавигационного и радиолокационного оборудования: АРК, РСБН, КУРС-МП, ответчика и ДИСС;

работа радиосвязного оборудования;

работа системы электроснабжения.

Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наимыгоднейших скоростях полета.

3. Горизонтальный полет $H = 12000$ м. Проверяется и оценивается:

работа топливной системы;

работа АБСУ в штурвальной режиме и режимах автоматической стабилизации углового положения и высоты полета;

работа системы КУРС-МП;

точность работы курсовой системы ТКС в режимах ГПК и ГМК;

управляемость самолета от системы АБСУ: отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу, крену и корректору высоты;

режим автоматического полета по маршруту по сигналам НВУ;

режим стабилизации заданного курса при полете по маршруту;

показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний системы СВС и мембранно-анероидных и гироскопических пилотажно-навигационных приборов;

работа НВУ с определением погрешностей счисления координат и погрешности коррекции НВУ по РСБН;

работа АРК с определением дальности действия;

работа дальномеров с определением дальности действия;

дальность действия системы КУРС-МП;

работа РСБН с определением дальности действия;

работа и дальность действия радиолокаторов;

работа и дальность действия ответчика;

работа и дальность действия ответчика в режиме УВД;

работа ДИСС с проверкой точности угла сноса и путевой скорости;

работа и дальность действия в двухсторонней радиосвязи по командным УКВ радиостанциям;

работоспособность радиосвязи КВ-радиостанции в режимах АМ-ТЛФ, ОМ-ТЛФ и ОМН-ТЛФ;

работа СПУ;

работа источников питания;

светотехническое оборудование пассажирской кабины;

работа СМИ и АНО;

состояние облицовки пассажирской кабины;

работа оборудования санузлов;

работа сигнализации пассажирской кабины;

вентиляция и температурный режим пассажирской кабины.

4. Горизонтальный полет $H = 600$ м и заходы на посадку. Проверяется и оценивается:

дальность действия курсового и глиссадного приемников КУРС-МП в режиме;

АБСУ в директорном и автоматическом режимах захода на посадку до $H = 30$ м с уходом на второй круг.

5. Горизонтальный полет $H = 9000$ м или ≈ 11000 м. Проверяется и оценивается:

устойчивость и управляемость самолета;

работа силовых установок и приборов контроля их;

работа высотного оборудования, температура в кабинах при автоматическом и ручном управлении;

управляемость самолета от системы АБСУ: отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу, крену и корректора высоты;

режим автоматического полета по маршруту по сигналам НВУ;

режим стабилизации заданного курса при полете по маршруту;

показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний системы СВС, мембранно-анероидных и гироскопических пилотажно-навигационных приборов;

работа НВУ с определением погрешности счисления координат и погрешности коррекции НВУ по РСБН;

работа АРК с определением дальности действия;

работа дальномеров СД с определением дальности действия;

дальность действия системы КУРС-МП;

работа РСБН с определением дальности действия;

работа и дальность действия радиолокатора типа «Гроза»;

работа и дальность действия ответчика;

работа ДИСС с проверкой точности угла сноса и путевой скорости;

работа и дальность двухсторонней радиосвязи по командным УКВ-радиостанциям;

работоспособность радиосвязи КВ радиостанции «Микрон» в режимах АМ-ТЛФ, ОМ-ТЛФ и ОМН-ТЛФ;

работа СПУ, СГС;

работа источников питания;

светотехническое оборудование пассажирской кабины;

работа СМИ, АНО;

состояние облицовки пассажирской кабины;

работа оборудования санузлов;

работа сигнализации в пассажирской кабине;

вентиляция и температурный режим пассажирской кабины.

6. Горизонтальный полет $H = 1000$ м. Проверяется и оценивается дальность действия курсового приемника КУРС-МП в режиме СП.

7. Снижение и посадка. На высоте круга при построении маневра захода на посадку и при посадке проверяется и оценивается:

дальность действия глиссадного приемника КУРС-МП в режиме СП на высоте 600 м или ИЛС, курсового приемника в режиме ИЛС;

работа АБСУ в режиме стабилизации заданного курса при построении посадочного маневра, в режиме стабилизации приборной скорости через автомат тяги при планировании и посадке, в директорном и автоматическом режимах захода на посадку с последующим автоматическим уходом на второй круг с $H \approx 30$ м по ИЛС и $sH = 60$ м по СП;

работа навигационно-посадочной системы КУРС-МП;

работа маркерных приемников в режиме «Посадка»;

работа радиовысотометров с определением погрешности в сравнении схемы «H-решения»;

выпуск шасси от первой гидросистемы с замером времени выпуска шасси;

автоматическое управление выпуском предкрылков, перестановкой стабилизатора при выпуске закрылков;

работа стеклоочистителей и выпуск посадочных фар;

поведение самолета на планировании при установке стабилизатора, предкрылков и закрылков в посадочное положение;

поведение самолета в предпосадочном режиме, посадке и пробеге;

управление интерцепторами и поведение самолета при их выпуске;

работа системы реверса и эффективность торможения;

работа тормозной системы и эффективность тормозов;

работа системы управления передним колесом.

Задание и профиль 4-го сдаточного полета пассажирского самолета: проверка работы системы управления самолетом от АБСУ при заходах на посадку (рис. 8.7).

1. На рулении, перед взлетом проверяется и оценивается:

работа двигателей и гидравлических систем;

управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;

рулежные свойства;

работа системы управления передним колесом;

работа тормозов от основной и аварийной систем.

Включается КЗА.

2. Взлет. Набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными на взлетный угол, с включенной системой разворота переднего колеса. На взлете и при наборе высоты проверяется и оценивается устойчивость и управляемость самолета, работа ССОС в режиме «Взлет».

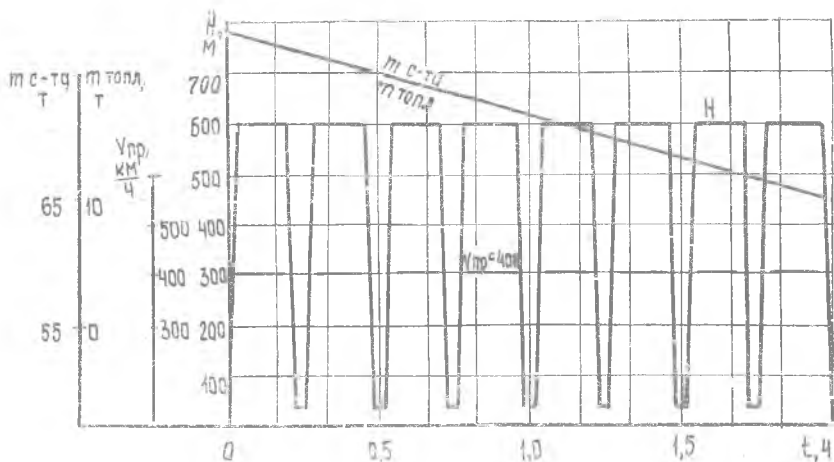


Рис. 8.7. Профиль 4-го сдаточного полета

3. Горизонтальный полет $H = 600$ м и заходы на посадку. В процессе выполнения полета проверяется и оценивается:

- срабатывание сигнализации предельных кренов БКК;
- срабатывание сигнализации «Предел курса» на высоте 90...60 метров при отклонении от ЛЗП влево и вправо;
- срабатывание сигнализации «Предел глиссады» на высоте 90...60 м при отклонении от равносигнальной зоны наземного глиссадного маяка вверх и вниз;

работа АБСУ в автоматическом режиме захода на посадку (при «раннем», «позднем» и «нормальном» начале четвертого разворота) до высоты 30 м по курсоглиссадным маякам второй категории;

режим «Уход на 2-й круг»;

управляемость самолета от системы АБСУ в режиме заданного курса при построении посадочного маневра, в режиме стабилизации приборной скорости через автомат тяги;

работа ССОС в режиме «Посадка».

В процессе полета проверяется работоспособность всего оборудования.

4. Снижение и посадка. На снижении и при посадке проверяется:

устойчивость и управляемость самолета;

поведение самолета в предпосадочном режиме;

работа системы реверса и эффективность торможения;

работа тормозной системы и эффективность тормозов;

работа системы управления передним колесом;

выпуск шасси от основной гидросистемы с замером времени выпуска шасси.

Задание и профиль 1-го контрольно-приемного полета пассажирского самолета (рис. 8.8.).

1. Перед выруливанием и на рулении проверяется и оценивается:

работа двигателей и гидравлических систем;
управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;

рулежные свойства: работа системы управления передним колесом, работа тормозов от основной и аварийной систем.

Включается КЗА.

2. На взлете и наборе высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей: закрылки, предкрылки и стабилизатор установить во взлетное положение.

Проверяется и оценивается:

поведение, устойчивость и управляемость самолета на разбеге, отрыве и наборе высоты;

управление уборкой шасси с замером времени уборки;
управление стабилизатором, предкрылками и закрылками;

работа системы гидроприводов рулей и элеронов;
работа двигателей и показания приборов контроля силовых установок на взлетном и номинальном режимах работы двигателей;

работа радиовысотомеров;

работа топливной системы и показания приборов системы автоматки и измерения топлива и системы измерения расхода топлива;

работа высотного и кислородного оборудования;

скорость изменения давления (высоты) в кабине;

работа АУАСП, МСРП;

работа АБСУ в штурвальный режим и режимах автоматической стабилизации углового положения;

управляемость самолета от системы АБСУ: отсутствие рывков и момент включения режима стабилизации по тангажу и крену, режим стабилизации заданных значений числа M через руль высоты;

работа пилотажно-навигационного оборудования: показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний систем СВС, ТКС, НВУ;

работа радионавигационного и радиолокационного оборудования: АРК, РСБН, КУРС-МП, ответчика, ДИСС;

работа радиосвязного оборудования;

работа системы электроснабжения.

Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наивыгоднейших скоростях полета.

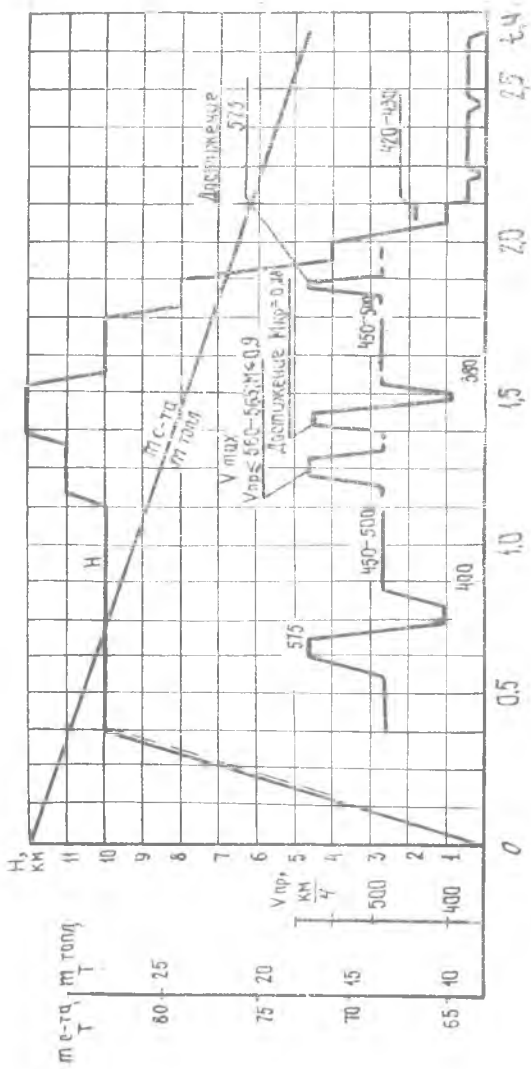


Рис. 8.8. Профиль первого контрольно-приемного полета

3. Горизонтальный полет $H = 10000$ м. Проверяется и оценивается:

устойчивость и управляемость самолета при работе бустеров от трех и двух гидросистем;

работа силовых установок и приборов контроля их;

работа высотного оборудования, температура в кабинах при автоматическом и ручном управлении;

герметичность кабин и срабатывание сигнализатора ВС-46; работа топливной системы;

работа АБСУ в штурвальной режиме и режимах автоматической стабилизации углового положения и высоты полета;

управляемость самолета от системы АБСУ: отсутствие рывков в момент включения режима стабилизации по тангажу, крену и корректору высоты, режим автоматического полета по маршруту по сигналам НВУ;

режим стабилизации заданного курса при полете по маршруту;

работа системы сравнения предельных кренов БСПК и БКК; показания скорости, высоты, числа M , работоспособность и правильность показаний системы СВС, мембранно-анероидных и гироскопических пилотажно-навигационных приборов;

работа ТКС;

работа систем МСРП, АУАСП;

точность работы курсовой системы ТКС в режимах ГПК и ГМК;

сравнительное показание компасов на четырех румбах;

работа НВУ с определением погрешности счисления координат и определением погрешности коррекции НВУ по РСБН;

питание барометрических приборов от резервной статической системы;

работа АРК с определением дальности действия;

работа РСБН с определением дальности действия;

работа и дальность действия радиолокатора;

работа и дальность действия ответчика;

работа ДИСС с проверкой точности угла сноса и путевой скорости;

работа и дальность действия двухсторонней радиосвязи по командным УКВ-радиостанциям;

работоспособность радиосвязи КВ-радиостанции в режимах АМ-ТЛФ, ОМ и ОМН;

работа источников питания;

светотехническое оборудование пассажирской кабины;

работа СМИ, АНО;

состояние облицовки пассажирской кабины;

работа бытового оборудования кухни;
работа оборудования санузлов;
работа сигнализации в пассажирской кабине;
вентиляция и температурный режим пассажирской кабины;
работа противообледенителей предкрылков в течение одного часа.

4. Горизонтальный полет $H \approx 11000$ м. Проверяется и оценивается:

максимальная скорость на номинальном режиме работы двигателей в горизонтальном установившемся режиме не менее 2... 3 мин;

соответствие основных параметров и устойчивость работы двигателей на крейсерской скорости;

работа топливной системы.

5. Горизонтальный полет $H \approx 12000$ м. Проверяется и оценивается:

поведение самолета при достижении предельного числа M ;

работа двигателей на номинальном режиме;

устойчивость и управляемость самолета;

работа системы управления самолетом и двигателями;

работа топливной системы;

работа высотной и кислородной систем;

работа АУАСП.

На снижении проверяется работа АБСУ в режиме стабилизации и числа M через руль высоты.

6. Горизонтальный полет $H = 10000$ м. Проверяется и оценивается высотный запуск двигателя на $V_{пр} \approx 450...500$ км/ч.

7. Горизонтальный полет $H = 8000$ м. Проверяется и оценивается:

поведение самолета при достижении приборной скорости ограничения;

устойчивость и управляемость самолета;

подключение полетного загрузателя РН «дачей» РН до момента подключения полетного загрузателя, но не более 1/4 хода.

8. Горизонтальный полет $H = 4000$ м. Проверяется и оценивается работа маркерных приемников в режиме «Маршрут».

9. Горизонтальный полет $H = 1000$ м. Проверяется и оценивается:

дальность действия курсового приемника КУРС-МП в режиме СП;

работа противообледенительной системы (крыло, стабилизатор, ВНА, предкрылки, киль).

10. Снижение и посадка. На снижении проверяется устойчивость и управляемость самолета при выпуске средних интер-

цепторов на 10, 20, 30, 45°, скорость изменения давления (высоты) в кабине. На высоте круга при построении маневра захода на посадку и посадке проверяется и оценивается:

дальность действия глиссадного приемника КУРС-МП в режиме СП или ИЛС курсового приемника в режиме ИЛС;

работа ССОС в режиме «Снижение» с большими вертикальными скоростями;

работа АБСУ: в режиме стабилизации заданного курса при построении посадочного маневра, в режиме стабилизации приборной скорости через автомат тяги при планировании и посадке, в директорном и автоматическом режимах захода на посадку с автоматическим уходом на второй круг с $H = 60$ м по СП и с $H = 30$ м по ИЛС;

работа навигационно-посадочной системы КУРС-МП;

работа маркерных приемников в режиме «Посадка»;

работа радиовысотомеров с определением погрешности срабатывания схемы « H -решения»;

выпуск шасси от первой гидросистемы с замером времени выпуска шасси;

автоматическое управление выпуском предкрылков, перестановкой стабилизатора при выпуске закрылков;

работа стеклоочистителей и выпуск посадочных фар;

поведение самолета в предпосадочном режиме, при посадке и пробеге;

управление интерцепторами и поведение самолета при их выпуске;

работа системы реверса и эффективность торможения;

работа тормозной системы и эффективность тормозов;

работа системы управления передним колесом.

л.6. ПЕРИОДИЧЕСКИЕ ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ

Задание и профиль полета на тарировку ПВД пассажирского самолета (рис. 8.9.).

1. Перед взлетом на рулении проверяется:

работа двигателей и гидравлической системы;

управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;

рулежные свойства;

работа системы управления передним колесом;

работа тормозов от основной и аварийной систем.

Включается КЗА.

2. Взлет. Набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками, стабилизатором, установленными во взлетное положение. Набор

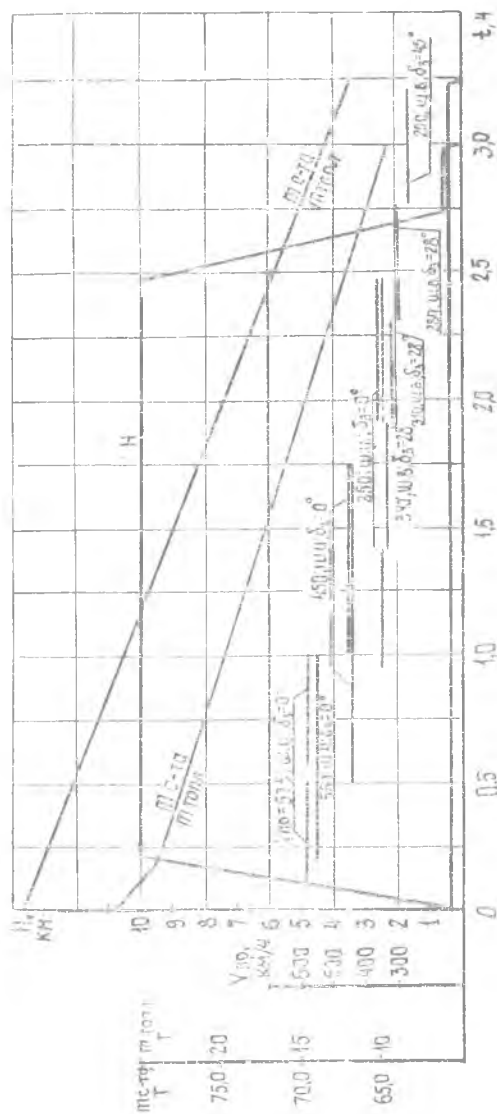


Рис. 8.9. Профиль полета на тарировку ПВД

высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наиболее выгодных скоростях полета. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальный полет. Ошибки приемников статического давления определяются с помощью кинотеодолитных станций барометрическим способом обычно на высотах 200...300 м, 6000 и 9000...10000 м или с помощью самолета-эталона на этих же высотах.

Приборные скорости полета самолета на каждой высоте выдерживаются следующие: $V_{пр} = 350, 400, 450, 500, 550, 600$ км/ч. Поправки при выпущенных шасси, закрылках и предкрылках обычно определяются на одной высоте 5000 или 6000 м на скоростях $V_{пр} \approx 300 \dots 340$ км/ч, $\delta_z \approx 28^\circ$, $\varphi_{ст} \approx -3^\circ$ и $V_{пр} \approx 250 \dots 280$ км/ч, $\delta_z = 45^\circ$, $\varphi_{ст} \approx 5 \dots 6^\circ$. Проверяется работоспособность всего оборудования.

4. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

Задание и профиль полета на определение характеристик скороподъемности до практического потолка $t_0 = 98$ т (рис. 8.10).

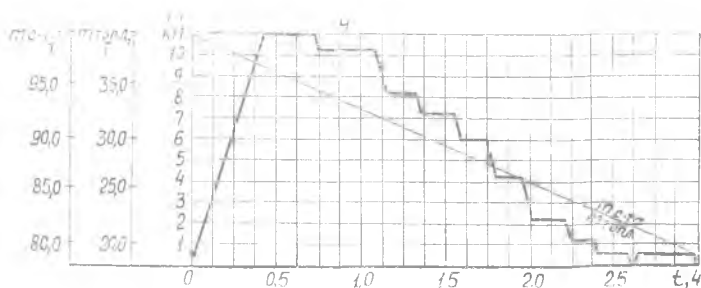


Рис. 8.10. Профиль полета на определение характеристик скороподъемности

1. Перед взлетом на рулении проверяется:
 - работа двигателей и гидравлических систем;
 - управление самолетом;
 - управление закрылками, предкрылками, стабилизатором, интерцепторами;
 - рулежные свойства;
 - работа системы управления передним колесом;
 - работа тормозов от основной и аварийной систем.
- Включается КЗА.

2. Взлет и набор высоты. Взлет выполняется на максимальном режиме работы двигателей с включенными посадочными фарами. Набор высоты выполняется на номинальном режиме работы двигателей на наивыгоднейших скоростях набора высоты.

Проверяется работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальные полеты по высотам. Горизонтальные полеты по высотам выполняются согласно табл. 8.1.

Таблица 8.1.

Запись параметров для обработки данных полета на скороподъемность

Н, м	Режим полета	Запись на КЗА, мин	Замеры и запись параметров
11000	$V_{\text{макс}}$	3 ... 4	$H_{\text{пр}}$; $V_{\text{пр}}$; M ; $T_{\text{НВ}}$; $m_{\text{ост топл}}$
10100	$V_{\text{крейс}}$	2 ... 3	$T_{\text{НВ}}$
8100	$V_{\text{крейс}}$	2 ... 3	$T_{\text{НВ}}$
7200	$V_{\text{крейс}}$	2 ... 3	$T_{\text{НВ}}$
6000	$V_{\text{крейс}}$	2 ... 3	$T_{\text{НВ}}$
4200	$V_{\text{крейс}}$	2 ... 3	$T_{\text{НВ}}$
2100	$V_{\text{крейс}}$	2 ... 3	$T_{\text{НВ}}$
1200	$V_{\text{крейс}}$	2 ... 3	$T_{\text{НВ}}$

Проверяется работоспособность всего оборудования, работа силовых установок.

4. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа. На снижении и при посадке проверяется работоспособность всего оборудования. Посадка производится с включенными посадочными фарами.

Задание и профиль полета на достижение числа $M_{\text{макс}}$, макс скорости, равной максимальному скоростному напору $q_{\text{макс}}$, макс (рис. 8.11).

1. Перед взлетом проверяется и оценивается:
 - работа двигателей и гидравлической системы;
 - управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;
 - рулежные свойства;
 - работа системы управления передним колесом;
 - работа тормозов от основной и аварийной систем.
 Включается КЗА.

2. Взлет и набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и ста-

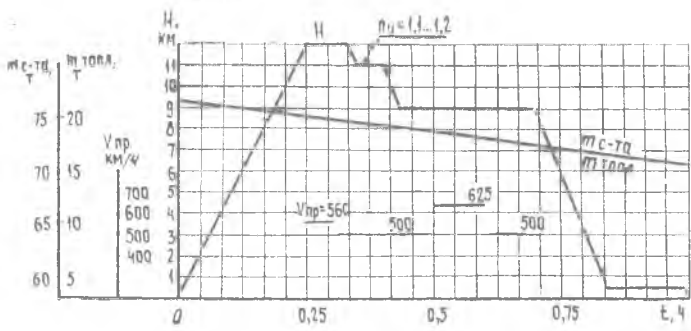


Рис. 8.11. Профиль полета на достижение числа $M_{макс макс}$ и $V_{пр макс макс}$

близатором, установленными во взлетное положение. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наиболее выгодных скоростях набора. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальный полет со снижением 12000 ... 11000 м. Производится проверка поведения самолета на скорости, соответствующей $M_{макс макс}$ на номинальном режиме работы двигателя со снижением с $V_{пр} = 15 \dots 20$ м/с. При этом определяется устойчивость и управляемость самолета. Проверяется работоспособность всего оборудования.

4. Горизонтальный полет $H = 9000 \dots 9500$ м, выполняется «обжатие» самолета на номинальном режиме работы двигателей, разгон самолета выполняется до скорости, равной максимальному скоростному напору $q_{макс макс}$. При «обжатии» оценивается поведение самолета, проверяется работа силовых установок, систем и оборудования, эффективность управления, возможность контроля летчиками установленного ограничения по ИКДРДФ. Проверяется работоспособность всего оборудования.

5. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа на наиболее выгодной скорости полета. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

Задание и профиль полета на экстренное снижение пассажирского самолета (рис. 8.12).

1. Перед взлетом на рулении проверяется: работа двигателей и гидравлической системы; управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами; рулежные свойства;

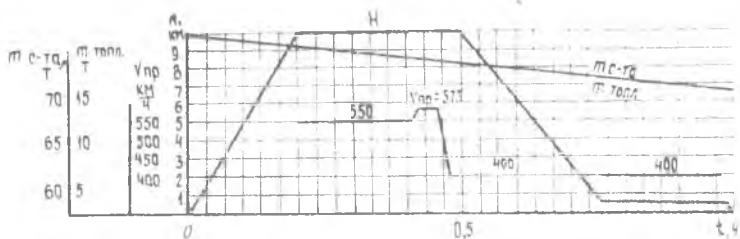


Рис. 8.12. Профиль полета на экстренное снижение самолета

работа системы управления передним колесом;
 работа тормозов от основной и аварийной систем.
 Включается КЗА.

2. Взлет и набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наиболее выгодных скоростях набора высоты. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальный полет $H = 11000$ м. Проверяется работоспособность всего оборудования.

4. Экстренное снижение. Выполняется с высоты 11000 до 4000 м в простых метеоусловиях, при отсутствии болтанки. Снижение с высоты 11000 м выполняется на скоростях, рекомендованных инструкцией по эксплуатации, при этом непосредственным снижением необходимо убрать рычаги управления двигателями в положение «малый газ», выпустить средние интерцепторы, выпустить шасси.

5. Горизонтальный полет $H = 4000$ м. Проверяется работоспособность всего оборудования.

6. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета и работоспособность всего оборудования.

Задание и профиль полета на достижение заданной перегрузки пассажирского самолета (рис. 8.13).

1. Перед взлетом на рулении проверяется:
 работа двигателей и гидравлической системы;
 управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;
 рулежные свойства;
 работа системы управления передним колесом;

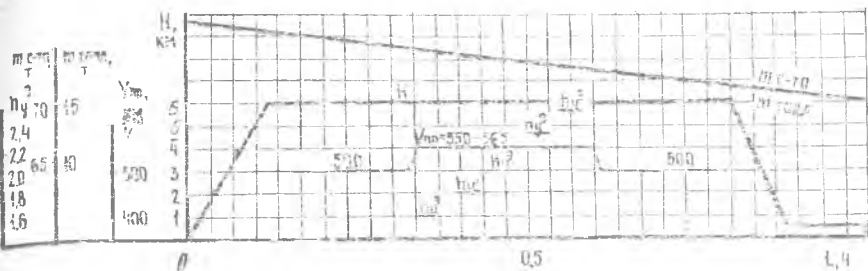


Рис. 8.13. Профиль полета на достижение эксплуатационной перегрузки $n_{\text{э}}$

работа тормозов от нормальной и аварийной систем. Включается КЗА.

2. Взлет и набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования. Набор производится на номинальном режиме работы двигателей на наиболее выгодных скоростях набора высоты.

3. Горизонтальный полет $H = 6000$ м. Проверяется поведение самолета, работа силовых установок, систем и оборудования при достижении предельной перегрузки, рекомендованной техническими условиями.

4. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

Задание и профиль полета на проверку прочности шасси при выпуске шасси на скорости, равной максимальному скоростному напору $V_{\text{пр макс}}$ (рис. 8.14).

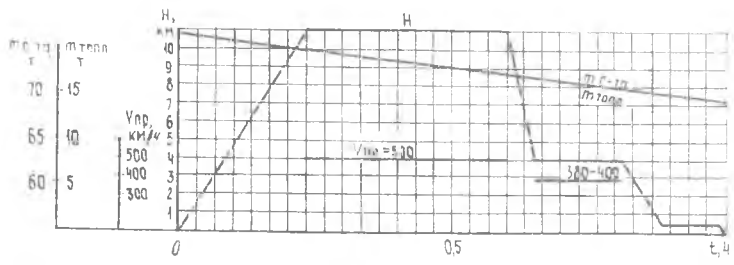


Рис. 8.14 Профиль полета на проверку прочности шасси на $V_{\text{пр макс}}$

1. Перед взлетом на рулении проверяется:
 работа двигателей и гидравлической системы;
 управление закрылками, стабилизатором, предкрылками,
 интерцепторами;
 рулежные свойства;
 работа системы управления передним колесом;
 работа тормозов от нормальной и аварийной систем.
 Включается КЗА.

2. Взлет и набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наименьших скоростях полета. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальный полет $H = 10000$ м. Проверяется поведение самолета, прочность шасси при выпуске на скорости $V_{\text{макс}}$ от первой гидросистемы. Проверяется работоспособность всего оборудования.

4. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа с выпущенными интерцепторами на скорости, рекомендованной инструкцией по эксплуатации. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

Задание и профиль полета на проверку аварийных средств пассажирского самолета (рис. 8.15).

1. Перед выруливанием и на рулении проверяется и оценивается:

работа двигателей и гидравлических систем;
 управление закрылками, интерцепторами, предкрылками стабилизатором;

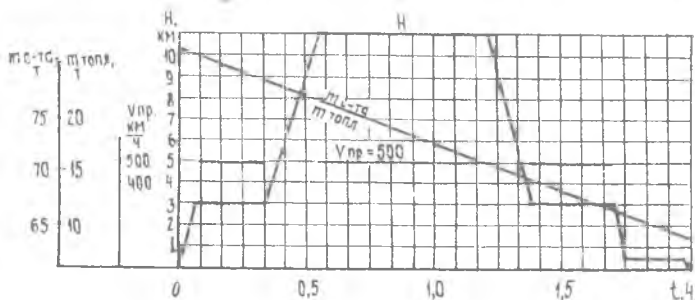


Рис. 8.15. Профиль полета на проверку аварийных средств самолета

рулежные свойства;

работа системы управления передним колесом;

работа тормозов от основной и аварийной систем.

Включается КЗА, производится холодная прокрутка и запуск ВСУ от аккумуляторов.

2. Взлет и набор высоты. Взлет и набор высоты производится с открытыми створками ВСУ. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальный полет $H = 3000$ м. Проверяется запуск ВСУ при питании электросети от ВУ № 1 и 2 с проверкой электроснабжения систем и агрегатов от генератора ВСУ. После проверки перейти на питание электросети от основных генераторов и выключить ВСУ. Проверить работоспособность всего оборудования.

4. Горизонтальный полет $H = 11000$ м. Выполняется горизонтальный полет для охлаждения ВСУ с проверкой работоспособности всех систем и оборудования.

5. Горизонтальный полет $H = 3000$ м. Выключить ВУ № 1 и 2 и в течение 8...10 мин проверить энергоснабжение систем и агрегатов, питающихся от аккумуляторов. Произвести запуск ВСУ от аккумуляторов и выполнить переход на питание электросети постоянного тока от ВУ № 1 и 2. Перейти на питание от основных генераторов. Выключить ВСУ. Проверить работоспособность всего оборудования. Полет выполнять в простых метеоусловиях при видимости горизонта.

6. Снижение. Посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования. Выпуск шасси производится от третьей гидросистемы.

Задание и профиль полета на проверку срабатывания АУАСИИ на критических углах атаки полета самолета (рис. 8.16).

1. Перед взлетом на рулении проверяется:

работа двигателей и гидравлической системы;

управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;

рулежные свойства;

работа системы управления передним колесом;

работа тормозов от нормальных и аварийных систем.

Включается КЗА.

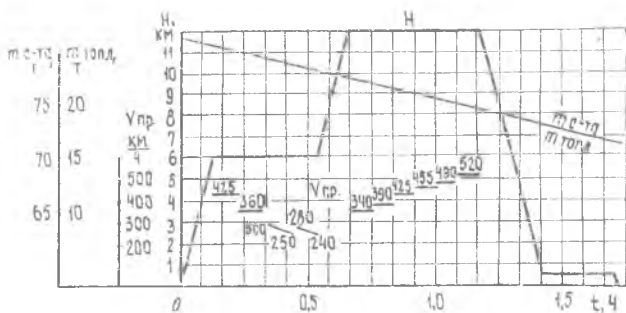


Рис. 8.16. Профиль полета на проверку срабатывания АУАСП

2. Взлет и набор высоты $H = 6000$ м. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на невыгоднейших скоростях. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальный полет $H = 6000$ м.

Определяются критические углы атаки полета самолета для следующих чисел M и $V_{пр}$ (табл. 8.2)

Таблица 8.2

Значение критических углов атаки (шасси, закрылки, предкрылки убраны)

Число M	$V_{пр}$, км/ч	Масса самолета, т	Перегрузка $n_{пр}$, ед	Положение шасси	Положение закрылков, град	Положение предкрылков, град.	Критический угол атаки по указателю $\alpha_{крит}$ указ., град.	Критический угол атаки по текущему указателю $\alpha_{тек}$ указ., град.
0,4	360	70...80	1,0	Убраны	Убраны	Убраны	11,5...12,5	8...9
0,5	425	70...80	1,0	Убраны	Убраны	Убраны	10,8...11,8	6...7

Далее, на этой же высоте выполняются торможения самолета для следующих $V_{пр}$ (табл. 8.3)

Таблица 8.3

Значение критических углов атаки (шасси, закрылки, предкрылки выпущены)

$V_{пр}$, км/ч	Масса самолета, т	Перегрузка n_y , ед	Положение шасси	Положение закрылков, град.	Положение предкрылков, град.	Критический угол атаки по указателю $\alpha_{крит. указ.}$, град.
От 300 до 250	70—80	1,0	Выпущены	Выпущены на 28	Выпущены на 18,5	11,5...12,5
От 280 до 240	70—80	1,0	Выпущены	Выпущены на 45	Выпущены на 18,5	10,8...11,8

4. Горизонтальный полет $H = 12000$ м. Определяются критические углы атаки полета самолета для следующих чисел M в соответствии с табл. 8.4 (шасси, закрылки, предкрылки убраны). На этой же высоте выполняются «дачи» рулем высоты, шасси, закрылки и предкрылки убраны для следующих чисел M и $V_{пр}$ (табл. 8.5).

Указание. Не допускается выход самолета на углы атаки, превышающие значения $\alpha_{крит. указ.}$.

Таблица 8.4

Значение критических углов атаки от числа M и $V_{пр}$

Число M	$V_{пр}$, км/ч	Масса самолета, т	Перегрузка n_y , ед	Критический угол атаки по указателю $\alpha_{крит. указ.}$, град.	Критический угол атаки по текущему указателю $\alpha_{тек. указ.}$, град.
0,6	340		1,0	9,7...10,7	5 ...7
0,7	390		1,0	8,8... 9,8	4 ...5
0,75	425	70...75	1,0	8,3... 9,3	3,5...4,5
0,8	450		1,0	7,8... 8,8	3,0...4,0
0,85	490		1,0	7,3... 8,3	3,2...4,2
0,9	520	70...75	1,0	6,8... 7,8	2,5...3,5

Таблица 8.5

Значение критических углов атаки от числа M , $V_{пр}$ и n_y

Число M	$V_{пр}$, км/ч	Масса самолета, т	Перегрузки n_y , ед	Критический угол атаки по указателю $\alpha_{крит. указ.}$, град.
0,75	430	70...75	1,3...1,6	Запись полученных данных в полете
0,85	490	70...75	1,6...1,9	

5. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа на скорости, рекомендованной инструкцией по эксплуатации. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования

Задание и профиль полета пассажирского самолета на проверку системы сигнализации опасного сближения с землей (рис. 8.17).

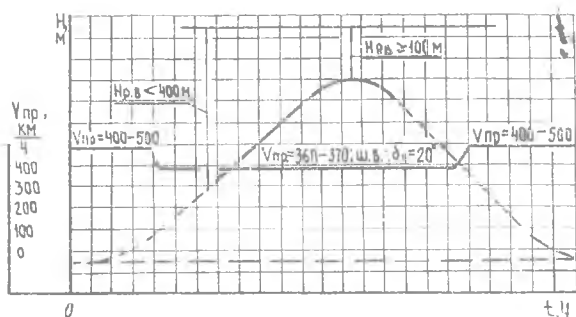


Рис. 8.17. Профиль полета на проверку ССОС

1. Перед взлетом на рулении проверяется:
 - работа двигателей и гидравлической системы;
 - управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;
 - рулежные свойства;
 - работа системы управления передним колесом;
 - работа тормозов от основной и аварийной систем.
 Включается КЗА

2. Взлет и набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолетом, работоспособность всего оборудования. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наиболее выгодных скоростях полета.

3. Горизонтальный полет. При угле восходящего склона горы (холма) $10...14^\circ$ срабатывание звуковой и световой сигнализации «Опасно—земля» должно произойти в диапазоне высот $H_{р.в} = 300...200$ м. Проверяется работоспособность всего оборудования.

4. Снижение. Посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа. На снижении и при посадке проверяется устойчи-

вость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

Задание и профиль ночного полета на проверку систем и оборудования самолета в реальных ночных условиях (рис. 8.18).

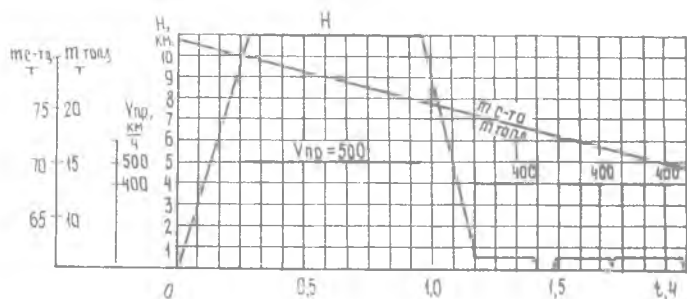


Рис. 8.18. Профиль полета на проверку систем и оборудования в реальных ночных условиях

1. Перед взлетом. На предварительном старте оценивается достаточность освещения пилотажных приборов. На рулении проверяется:

- работа двигателей и гидравлической системы;
 - управление закрылками, стабилизатором, предкрылками, интерцепторами;
 - рулежные свойства;
 - работа системы управления передним колесом;
 - работа тормозов от основной и аварийной систем;
 - работа посадочно-рулежных фар.
- Включается КЗА.

2. Взлет и набор высоты. Взлет производится на взлетном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. На разбеге оценивается достаточность освещения ВПП от посадочных фар. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наиболее выгодных скоростях полета.

3. Горизонтальный полет $H = 10000$ м. Проверяется поведение самолета, работа силовых установок и работоспособность всего оборудования. Оценивается освещение приборных досок и пультов, подсвет сигнальных табло в режиме «Ночь», освещение пассажирских салонов, кухни, туалетов, гардеробов и вестибюлей. Оценивается работа СМи и АНО.

4. Снижение и посадка. Заход на посадку. Посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа на наимыгоднейших скоростях полета. На снижении и при посадке проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования, освещение приборных досок членов экипажа. На посадке оценивается достаточность освещения ВПП от посадочных фар.

Задание и профиль полета пассажирского самолета на практическую дальность полета (рис. 8.19).

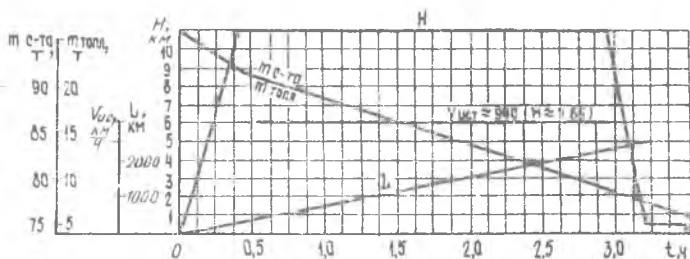


Рис. 8.19. Профиль полета на практическую дальность

1. Перед взлетом проверяется и оценивается: работа двигателей и гидравлической системы; управление закрылками, интерцепторами, предкрылками, стабилизатором; рулевые свойства; работа системы управления передним колесом; работа тормозов от нормальной и аварийной систем. Включается КЗА.

2. Взлет и набор высоты. Взлет производится на максимальном режиме работы двигателей с закрылками, предкрылками и стабилизатором, установленными во взлетное положение. Набор высоты производится на номинальном режиме работы двигателей на наимыгоднейших скоростях полета. На взлете и при наборе высоты проверяется устойчивость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

3. Горизонтальный полет $H = 11000$ м. Проверяется устойчивость и управляемость самолета, работа силовых установок и всего оборудования. Определяется точность вывода самолета навигационным комплексом в заданный район и дальность радиосвязи КВ-радиостанции в режимах ОМ, ОМН, АМ по наземной радиостанции.

4. Снижение и посадка. Снижение выполняется на режиме малого газа на скоростях, рекомендованных инструкцией по эксплуатации. На снижении и при посадке проверяется устойчи-

вость и управляемость самолета, работоспособность всего оборудования.

Примечание: все испытательные полеты выполняются по утвержденным полетным листам и листкам (картам) готовности, которые являются основными документами, разрешающими экипажу выполнение полетного задания.

8.7. ТИПИЧНЫЕ ДЕФЕКТЫ И НЕДОСТАТКИ, ВЫЯВЛЯЮЩИЕСЯ В ПРОЦЕССЕ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Разнообразие конструкций и состава комплектующих систем различных самолетов, различный опыт проектных организаций в целом и отдельных групп проектировщиков приводят к большому разнообразию способных выявиться в процессе испытаний дефектов и недостатков. Некоторые из них, встречающиеся чаще других, могут быть, в какой-то мере, систематизированы. Так, например, можно выделить группы недостатков, непосредственно связанных с обтеканием самолета в полете, с характеристиками устойчивости и управляемости, с характеристиками местной прочности и жесткости и т. п.

8.7.1. Недостатки конструкции, непосредственно связанные с обтеканием самолета в полете

К числу наиболее типичных недостатков этой группы относятся различного рода тряски, появляющиеся на отдельных режимах полета. В большинстве случаев тряску обнаруживает летчик по собственным ощущениям или колебаниям индикаторов в кабине, однако не исключены случаи, когда вибрации отдельных агрегатов планера, далеко расположенных от кабины, демпфируются конструкцией и не вызывают у летчика неприятных ощущений. В таких случаях она обнаруживается по необычным колебаниям сигналов каких-либо датчиков, находящихся вблизи «места происшествия», либо по другим косвенным признакам.

В любом случае тряска приводит к снижению технического ресурса конструкции и уже поэтому неприятна, однако отрицательное ее значение в этом смысле существенно зависит от относительного (по отношению к ресурсу) времени пребывания самолета на режимах, где она возникает. Существуют области режимов (в основном, это области, характеризующиеся большими углами атаки), где борьба с тряской крайне затруднительна и, в то же время, наличие тряски не слишком усложняет пилотирование самолета, а относительное время пребывания на этих режимах невелико. В случае такого сочетания факторов допустимо с ней мириться, но в остальных — необходимо принимать меры к ее устранению.

Борьба с тряской осложняется разнообразием возможных причин ее возникновения. В числе таких причин могут быть местные срывы потока, связанные с наличием каких-либо внешних надстроек, с отклонением воздушных тормозов, выпуском шасси, механизации крыла и т. п. Причиной тряски может явиться перемещение вихревых жгутов, образующихся на носовой части фюзеляжа или наплывах крыла и т. п., и периодический контакт этих вихрей с поверхностями агрегатов планера (вертикальным или горизонтальным оперением) либо перемещение локальных скачков уплотнения при полете на околозвуковых скоростях.

Весьма распространенной возможной причиной тряски может оказаться образование местных зон срыва потока при увеличении угла атаки. Тряска концов геометрически или аэродинамически закрученного крыла может быть связана со спецификой режима полета, заключающейся в том, что аэродинамические нагрузки на концы крыла оказываются на этих режимах знакопеременными. Это характерно для самолетов с малой удельной нагрузкой на крыло при полетах на малой высоте с углом атаки, близким к нулю. Тряска может быть связана, наконец, с несовершенством обводов хвостовой части фюзеляжа.

Наиболее распространенным следствием тряски является возникновение трещин, ослабление заклепочных швов, обрывы отдельных головок заклепок и т. д.

При борьбе с тряской особенно ярко проявляется порочность метода проб и ошибок, которым, к сожалению, еще нередко пользуются в практике летных испытаний самолетов. Методически правильный подход в борьбе с таким явлением заключается в выяснении, прежде всего, физических причин возникновения тряски, а это всегда связано в той или иной мере с определением физической картины обтекания самолета.

Другим часто встречающимся недостатком, обнаруживаемым в летных испытаниях самолета, является «валежка». Наиболее простым вариантом этого недостатка следует считать такой, при котором «валежка» имеет место в той или иной степени на всех режимах полета, и знак ее везде одинаков. В этом случае наиболее вероятной причиной ее возникновения оказывается несимметрия самолета, явление достаточно распространенное в самолетостроении из-за упрощенности станельного оборудования, многочисленных доработок в процессе сборки и т. п. При обнаружении такой «валежки» приемлемым методом «лечения» чаще всего оказывается небольшая перерегулировка положения соответствующих рулевых поверхностей (на $1...2^\circ$) при нейтральном положении рычагов управления в кабине. Потребные величина и знак перерегулировки могут быть определены из

полета, в котором летчик, например, балансирует самолет триммерным устройством при нулевых значениях углов крена и скольжения, после чего не пользуется этим устройством до окончания полета. По окончании полета устанавливают угломеры на рулевые поверхности, задействуют систему управления (подаюг гидро- и электропитание), и по разнице показаний угломеров при выбранном полетном и нейтральном положениях триммерного устройства определяют необходимые величину и знак перерегулировки.

Хуже, если величина «валежки» на разных режимах полета существенно различна по модулю и знаку. В большинстве случаев «валежка» приводит к тому, что необходимо определить физическую картину обтекания самолета. Иногда причиной «валежки» на отдельных режимах полета может оказаться несимметричное отклонение каких-либо элементов планера, для устранения которого необходимы дополнительные измерения, позволяющие зафиксировать изменение положения этих элементов.

8.7.2. Дефекты, связанные с недостаточными прочностью и жесткостью конструкции самолета

Наиболее распространенными дефектами этой группы являются те, причина которых заключается в недостаточной местной прочности, вызванной, в свою очередь, перерасчетом распределением нагрузок по элементам или перерасчетными вибрационными нагрузками. Это остаточные деформации отдельных элементов конструкции, трещины, обрывы головок заклепок или ослабление заклепочных швов и т. п. Иногда следствием таких дефектов может явиться возникновение негерметичности топливных емкостей, что в зависимости от места и интенсивности течи топлива представляет более или менее серьезную угрозу безопасности полета. Особенно неприятны эти дефекты (остаточные деформации, трещины), если возникают на внутренних элементах конструкции и потому не обнаруживаются при обычном послеполетном осмотре самолета. Поэтому, если в полете по какой-либо причине были нарушены ограничения, связанные с прочностью, или отмечались повышенные вибрации, целесообразно не ограничиваться внешним осмотром, а осмотреть, по возможности, и внутренние элементы конструкции планера.

Одним из наиболее часто встречающихся следствий повышенных вибрационных нагрузок является ослабление заклепочных швов, сопровождающееся иногда обрывом головок отдельных заклепок. Такие дефекты обычно возникают вблизи задних кромок несущих поверхностей и на внутренних стенках входных каналов силовой установки. В последнем случае это особенно неприятно, так как при обрыве головки заклепки она немину-

мо попадает в компрессор двигателя, что может привести к появлению забоины на кромках лопаток и выходу двигателя из строя. Поэтому заклепочные швы внутренних стенок воздушных каналов силовых установок с турбореактивными двигателями следует особенно тщательно осматривать после полета и при обнаружении ослабления заклепочных швов (если конструкция из алюминиевого сплава, этот дефект легко обнаружить по появлению характерных темных подтеков из-под заклепок в направлении потока) или обрыва головки заклепки принимать соответствующие меры. Уместно напомнить и о необходимости отыскать первопричину возникновения дефекта (повышенный уровень пульсаций потока, например), так как только в этом случае будет гарантия дальнейшей безопасности полетов.

Повышенные вибрационные нагрузки могут приводить и к другим неприятным последствиям. Если к недостаточно жестким элементам конструкции, испытывающим вибрационные нагрузки, крепятся жесткие коммуникации систем, например трубопроводы, то последние воспринимают более или менее значительную часть нагрузок, что может в конце концов привести к их усталостному разрушению. Можно возразить, что такие дефекты являются следствием элементарной ошибки проектировщиков систем. Однако следует иметь в виду, что системы связаны обычно весьма жестким лимитом масс, поэтому в них нельзя вводить компенсирующие элементы.

Достаточно распространенным дефектом на начальной стадии летных испытаний является отсос и последующий отрыв в полете тех или иных элементов, в основном легкосъемных крышек люков. Так, например, четвертый статочный полет серийного самолета ТУ-4 был последним для 15 членов экипажа из-за отделения створки люка хранения резиновой лодки МЛАС-5. Причиной таких дефектов может быть ошибка проектировщиков (недостаточное количество или неправильное расположение замков, недостаточная жесткость крышки), производства (некачественная подгонка замков, наличие ступенек из-за плохой вписываемости), эксплуатации (неполное закрытие замков перед полетом). Они особенно неприятны тем, что оторвавшийся элемент может повредить другие агрегаты самолета, например органы управления и, кроме того, приводят к неизбежным чувствительным задержкам в испытаниях, связанным с изготовлением и подгонкой нового элемента взамен утраченного.

8.7.3. Прочие типичные дефекты и недостатки

Среди прочих, часто встречающихся недостатков и дефектов целесообразно упомянуть, в первую очередь, о неприят-

ностях, связанных с попаданием посторонних предметов в газозводушные тракты турбореактивных двигателей. Если на самолете предусмотрена система защиты двигателей от посторонних предметов, то должны быть приняты все меры к тому, чтобы она была отработана и задействована наряду с другими жизненно важными бортовыми системами с самого начала летных испытаний.

Нередко встречаются дефекты, проявляющиеся в нарушении температурных режимов (перегрев тех или иных тепловыделяющих агрегатов из-за недостаточно эффективного их охлаждения или вследствие длительной их работы на пересчетных режимах), дефекты, связанные с негерметичностью трубопроводов горячей линии системы кондиционирования воздуха (перегрев рабочей жидкости гидросистемы или топлива, прогорание или разрушение по тем или иным причинам экранов в горячих отсеках и т. п.). Экстремальные значения температуры агрегатов, воздуха в отсеках, рабочих жидкостей должны быть предметом пристального внимания испытателей, особенно на начальной стадии испытаний.

Достаточно распространены также являющиеся в основном следствиями вибраций случаи обрыва контрровок, ослабления гаек стыков трубопроводов, иногда приводящие к возникновению негерметичности топливных, гидравлических или воздушных магистралей. Такие случаи необходимо фиксировать и, если в каком-нибудь стыке они повторяются, принимать конструктивные меры.

Не являются редкостью на начальной стадии летных испытаний дефекты, связанные с искажением формы диаграмм направленности антенн радиосвязного и радионавигационного оборудования, вызванные неудачным расположением антенн и выражающиеся либо в недопустимо малой дальности приема и передачи сигналов, либо в их пропадании при отдельных положениях самолета относительно наземных станций.

Наконец, достаточно часто встречаются дефекты, связанные с электромагнитной совместимостью бортовых радио- и радиолокационных систем. Эти дефекты проявляются в виде различного рода помех и объясняются неудачным размещением блоков аппаратуры, прокладкой коммуникаций, плохой экранировкой, применением неэкранированных электропроводов. Часто подобные помехи приводят к сбоям в работе СБИ.

Столь краткий перечень дефектов радиоэлектронного оборудования самолета не должен создавать впечатление, что удельный вес их незначителен. Напротив, на начальной стадии летных испытаний современных самолетов, насыщенных радиоэлектронной аппаратурой, относительное количество таких не-

достатков и дефектов обычно велико, но они, как правило, либо специфичны, либо относятся к чрезвычайно распространенной категории дефектов, характеризующейся определением: нет контакта там, где он должен быть, или есть контакт там, где его не должно быть. Методы борьбы с этой группой дефектов общеизвестны, и нет необходимости на них останавливаться.

Завершая краткий и далеко не полный перечень дефектов и недостатков, встречающихся на начальной стадии летных испытаний самолета, необходимо помнить одну, добытую многолетним опытом истину: если в процессе испытаний хоть один раз отмечен какой-либо дефект, и для устранения его не принято никаких мер, этот дефект обязательно рано или поздно повторится, может быть, не на этом экземпляре самолета, а на одном из последующих. Случаи, когда дефекты исчезали бы сами по себе, в авиации неизвестны, поэтому каждый единичный дефект должен быть тщательно зафиксирован. При этом, если причина его возникновения ясна, намечают мероприятия по ее выяснению. Необходимо помнить, что чем позже будут разработаны мероприятия по устранению дефекта, тем сложнее провести их в жизнь, поскольку за испытываемым самолетом с нарастающим темпом строятся другие серийные самолеты.

8.8. ОЦЕНКА ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОГРАММЫ ИСПЫТАНИЙ

Оценка выполнения программы испытаний (рис. 8.20) дается по каждому самолету, при этом акцентируется внимание на возникающих замечаниях, особенностях и причинах. В результате анализа статистических данных по замечаниям и отказам могут быть назначены такие дополнительные испытания, как повторные статочные, повторные контрольно-приемные, периодические или специальные как наземные, так и летные.

8.9. УСТАНОВКА КОНТРОЛЬНО-ЗАПИСЫВАЮЩЕЙ АППАРАТУРЫ

Усложнение конструкции самолета, увеличение количества и сложности систем и агрегатов заставляют как поставщика, так и заказчика получать при летных испытаниях как можно больше объективной информации о работе систем самолета или всего самолета в целом. Это становится возможным в результате установки на самолет контрольно-записывающей аппаратуры (табл. 8.6).

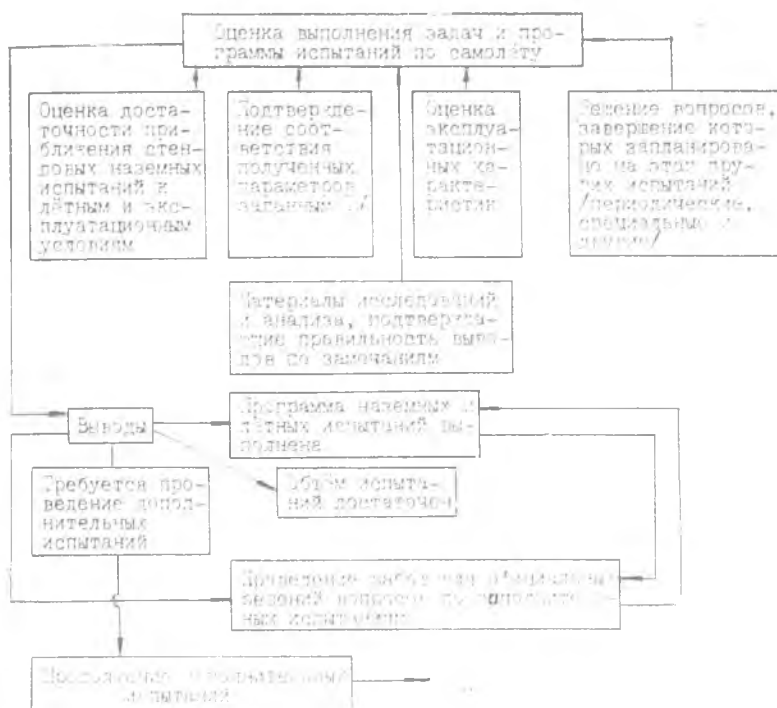


Рис. 8.20. Схема оценки выполнения задач и программы испытаний

Таблица 8.6

Примерный перечень контрольно-записывающей аппаратуры, применяемой на ЛИС

Наименование аппаратуры	Стоимость, руб.
Универсальный магнитно-электрический осциллограф типа К20-22	2400
Многокомпонентный осциллограф К12-21	1670
Осциллограф К10-51А	1460
Малогабаритный 6-вибраторный осциллограф К6-21А	1525
Датчики температуры ЭТС-2, П-1, П-5, ЭТС-5, П-31, ДТ-50, П69Т	25...150
Импульсные потенциометрические датчики ИПД-2	25...150
Датчики давлений МРД-6, ДТ-6, МД-80 т, МД-150 т, ЭДД-780-525	25...150

Наименование аппаратуры	Стоимость, руб.
Самописцы типа К2-713	100...150
—»— ЗП-15	700...1000
—»— 54-61	150...200
Самописец импульсных величин	130
Динамометрические педали	150...500
Динамометрический штурвал	150...600
Устройство измерения угловых скоростей самолета	—
Регистрирующие устройства с магнитными накопителями измерительной информации	—
Кинофотоаппаратура	—
Виброаппаратура типа ВП-6-5МА	7000...9000
Тензоаппаратура типа ТЛ-5	8000...10000
Барокамеры и термокамеры	20000...40000
Блоки питания	100...150
Блоки сопротивлений	10...50
Шумомеры	400...500
Другая аппаратура	

Выбор контрольно-записывающей аппаратуры для проведения специальных испытаний или испытаний модернизированных самолетов может быть спланирован по схеме рис. 8.21.

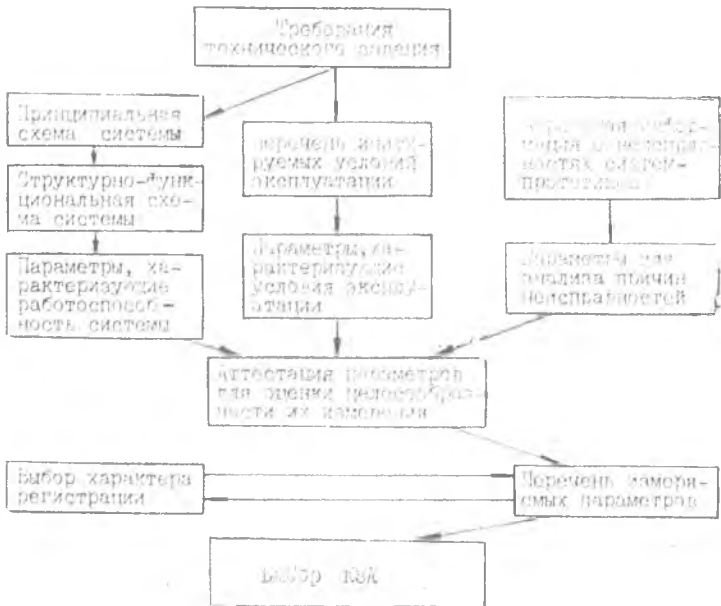


Рис. 8.21. Схема выбора КЗА при проведении специальных испытаний или испытаний модернизированного самолета

9. АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛОВ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ ЛА

9.1. ЗАДАЧИ НАТУРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПРИ ИСПЫТАНИЯХ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ

Проектирование и создание современных сложных систем, удовлетворяющих заданным требованиям, состоит из ряда последовательных этапов: предпроектные исследования, конструирование, изготовление образца, его испытание и эксплуатация.

При летных испытаниях самолетов определяются летно-технические характеристики, характеристики маневренности, устойчивости, управляемости, аэродинамические силы и моменты, характеристики работы силовой установки, прочности конструкций и др.

Программа испытаний систем состоит из отдельных видов испытаний, выполняемых в течение длительного отрезка времени. Сокращение сроков испытаний и доводки сложных систем достигается путем совершенствования методов проведения экспериментов, применения автоматизированных систем сбора, регистрации, обработки и анализа материалов испытаний, методов моделирования поведения системы и проведения испытаний.

9.2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ, ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА КАЧЕСТВО И СРОКИ ИСПЫТАНИЙ

При испытаниях легких самолетов число регистрируемых параметров достигает 1000 ... 2000, при испытаниях пассажирских самолетов — 4000 ... 6000, причем намечается дальнейшее увеличение числа регистрируемых параметров и общего объема информации до 2 млн. параметро-часов и более. Естественно, что обработка и анализ такого объема информации представляет собой чрезвычайно сложную и трудоемкую задачу, которая решается путем создания замкнутых систем регистрации и обработки, обеспечивающих полную автоматизацию получения материала испытаний. Применение таких систем позволяет осуществить оперативную обработку практически в темпе летного эксперимента, а полную обработку — в течение 10 ... 15 ч. Намечается дальнейшее уменьшение времени обработки материалов испытаний до пяти и менее часов.

Ряд современных измерительных систем для летных испытаний построен по модульному принципу с использованием унифицированных функциональных блоков, обладающих инфор-

мационной, метрологической, конструктивной и эксплуатационной совместимостью.

Наличие на борту самолета БЦВМ и специальных устройств для хранения программ позволяет обеспечивать быструю перестройку бортовой измерительной системы в зависимости от изменяющихся требований и выполнять автоматизированный контроль.

В настоящее время в области создания методов и средств измерений и обработки достигнуты определенные успехи, в частности, в повышении точности измерительной аппаратуры, создании средств магнитной регистрации параметров и систем автоматизированной обработки.

Дальнейшее повышение эффективности автоматизированной обработки материалов летных испытаний следует ожидать от организации прямого общения инженера-экспериментатора с системой обработки измерений в процессе ее функционирования, связи обработки измерений с моделированием, создания систем обработки данных в реальном масштабе времени, применения радиотелеметрической связи и управления летным экспериментом.

9.3. ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ

Поток измерительной информации, возникающий при измерениях, воспринимается и преобразуется с помощью ИИС, основные функции которых состоят в автоматическом получении информации непосредственно от исследуемого объекта с помощью первичных преобразователей, в сборе, хранении, преобразовании, передаче, синхронизации измерений, автоматизированной обработке и отображении результатов в виде, удобном для анализа и определения характеристик, свойств и особенностей испытуемого объекта. Современная измерительная система обеспечивает также управление измерительными цепями датчиками, процессом измерения и может включать в себя бортовые вычислительные машины. Структура и состав ИИС учитывают особенности натурального эксперимента, различную природу измеряемых величин, частотный диапазон измеряемых параметров, ограниченную продолжительность эксперимента, сложность его проведения, необходимость надежной регистрации, воспроизведения и обработки данных в условиях помех и шумов, возможность оперативного изменения целей эксперимента и управления порядком выполнения испытательных режимов, необходимость использования априорной информации при определении количественных характеристик испытуемого объекта и его систем и т. д. ИИС (рис. 9.1) обычно состоит из двух основных частей: бортовой и наземной, обеспечивающей авто-

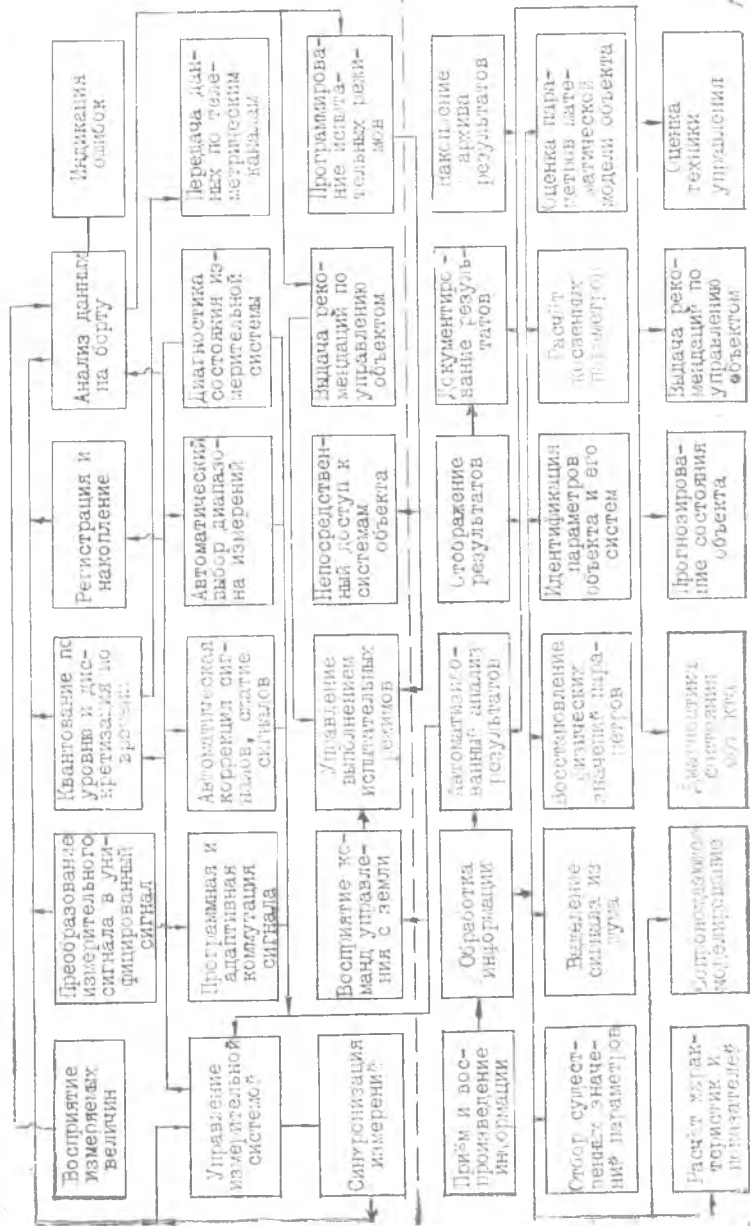


Рис. 9.1. Основные функции ТЭС для испытаний сложного технического объектов

матризованию обработке и анализ данных. В основу создания систем положен модульный принцип. Системы компонуются из унифицированных функциональных блоков, обладающих информационной, метрологической, конструктивной и эксплуатационной совместимостью, что позволяет оперативно в ходе испытаний менять частоту измерений, количество и состав регистрируемых и обрабатываемых параметров, подключать новые преобразователи информации в общую систему при сохранении управления и синхронизации. Измеренные в эксперименте параметры принято условно подразделять на низкочастотные (до 2...3 Гц) и высокочастотные (до 20...40 кГц). Низкочастотные параметры составляют около 80 % всех измерений. В соответствии с таким делением различают ИИС низкочастотных параметров и ИИС динамических процессов.

Низкочастотные параметры (рис. 92) регистрируются либо в виде дискретных цифровых кодов, либо в виде аналоговых сигналов, в зависимости от выбранного носителя информации.

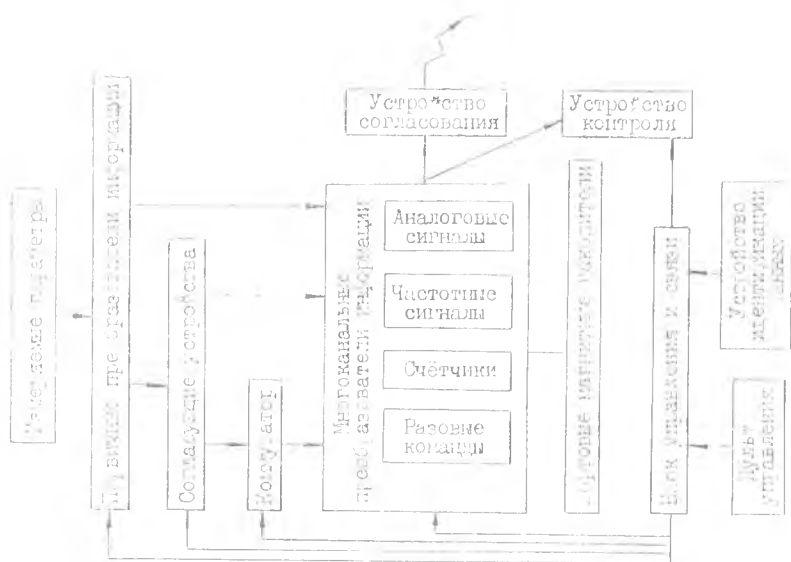


Рис. 9.2. Примерная структурная схема бортовой части ИИС для низкочастотных параметров

Погрешность регистрации — 0,5...0,1%. Вырабатываемый в процессе взаимодействия первичного преобразователя информации с объектом сигнал поступает либо непосредственно на регистрирующее устройство, либо вначале на промежуточные преобразователи (согласующие устройства) для предварительной нормализации и согласования, либо на коммутирующие устройства. Взаимодействие первичных преобразователей, согласующих и коммутирующих устройств осуществляется устройством управления, в состав которого может входить БЦВМ, выполняющая функции контроля за работой ИИС, управления отдельными бортовыми устройствами и системами.

Обычно для регистрации низкочастотных параметров применяются магнитные накопители КИМ сигналов. На магнитную ленту регистрируются 9—12-разрядные коды. Информация на магнитной ленте имеет кадровую структуру. Каждому кадру информации соответствует свой момент времени измерений. Коды параметров распределены в кадре по каналам записи. Одновременно с измерительной регистрируется служебная информация, сигналы единого времени, калибровочные уровни, каналные и кадровые маркеры, идентифицирующая информация. Служебная информация используется в системах автоматизированной обработки для управления аппаратными и программными средствами.

Динамические процессы регистрируются в виде аналоговых, частотно-модулированных, амплитудно-модулированных сигналов. Многообразие различных типов аппаратуры для измерения динамических процессов обусловило создание специальных ИИС (рис. 9.3).

Можно назвать следующие тенденции развития функций ИИС при летных испытаниях.

Для наземных частей ИИС:

применение методов и средств обработки в реальном масштабе времени;

комплексы малых и больших ЦВМ с развитым математическим обеспечением;

сокращение времени полного анализа материалов эксперимента с недель и месяцев до часов и дней;

методы обращения инженера с системой повышенной производительности;

автоматизация анализа полетной информации;

совершенствование средств отображения информации, создание дистанционных устройств ввода и отображения;

распараллеливание алгоритмов обработки;

оптимизация поля измерений;

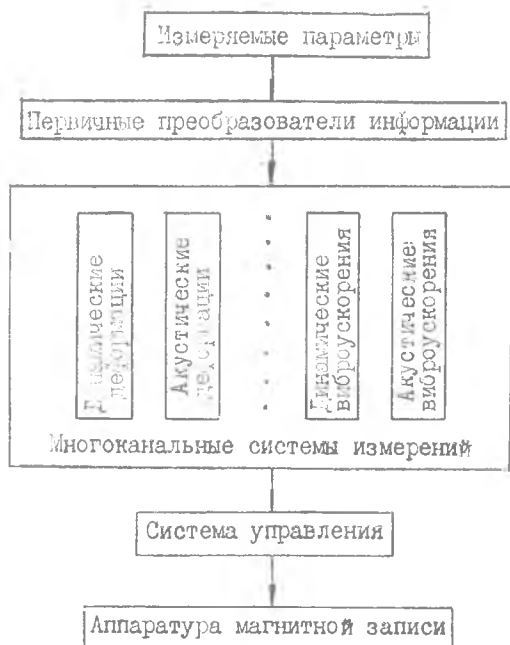


Рис. 9.3. Примерная структурная схема бортовой части ИИС для динамических процессов

автоматический выбор модели объекта исследования;
 автоматический выбор алгоритмов обработки;
 автоматизация получения тарифовочных зависимостей;
 разработка систем индикации ошибок;
 модульное построение математического обеспечения;
 нормирование динамических характеристик средств измерений;

организация библиотеки материалов испытаний на магнитных носителях информации.

Для бортовых частей ИИС:

увеличение числа регистрируемых параметров;
 повышение информативности регистрируемой информации;
 улучшение технических и метрологических характеристик аппаратуры;

применение новых физических принципов измерений;

стандартизация выходных сигналов датчиков и согласующих устройств и их облучная компоновка;

включение в бортовую систему измерений БЦВМ;
модульность аппаратуры бортовой измерительной системы;
автоматическая корректировка метрологических характеристик;

обработка части информации на борту в реальном масштабе времени и отображение результатов;

передача части информации на землю с одновременной записью на бортовые магнитные накопители;

создание специальных устройств для определения интегральных характеристик косвенных параметров;

создание адаптивных ИИС;

повышение надежности работы ИИС;

всесторонний контроль аппаратуры;

оптимизация распределения погрешностей по блокам ИИС.

9.4. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Специализированные системы обработки измерительной информации перерабатывают поток измерительной информации в поток результатов. В процессе переработки информации участвуют следующие элементы: задачи, алгоритмы, технические средства, специалисты. Для проведения обработки необходимо располагать соответствующим техническим, математическим, организационным и кадровым обеспечением. Основными характеристиками систем автоматизированной обработки будем считать общее время решения заданного класса задач, технико-экономический выигрыш от получаемых результатов и обеспечение необходимой точности их определения. Оптимизация этих показателей может осуществляться путем выбора технических средств и структуры систем обработки, создания математического обеспечения и организации вычислительного процесса.

9.4.1. Выбор структуры системы автоматизированной обработки

Основные факторы, влияющие на выбор структуры системы автоматизированной обработки — это ее функциональное назначение, особенности потоков информации, подлежащих автоматизированной обработке, и тенденции их изменения. В настоящее время в развитии специализированных систем автоматизированной обработки существует два направления. Первое связано с развитием специализированных систем, ориентированных на обработку конкретных видов испытаний объектов. Примерами таких систем могут служить система обработки записей шума, создаваемого ЛА на местности, система,

ориентированная на выполнение спектрального анализа случайных процессов, система технической диагностики состояния объекта. Создание таких систем связано с разработкой специализированных устройств и блоков обработки информации, обеспечивающих высокую производительность системы. К таким блокам, в частности, относятся схемные анализаторы спектрального состава сигналов в заданных полосах частот, схемные преобразователи, выполняющие вычисление преобразования Фурье, устройства для вычисления статистических характеристик, например, дисперсии, корреляционной функции и т. д. На рис. 9.4 приведена примерная структурная схема системы, применяемой для анализа шума, создаваемого ЛА на местности.

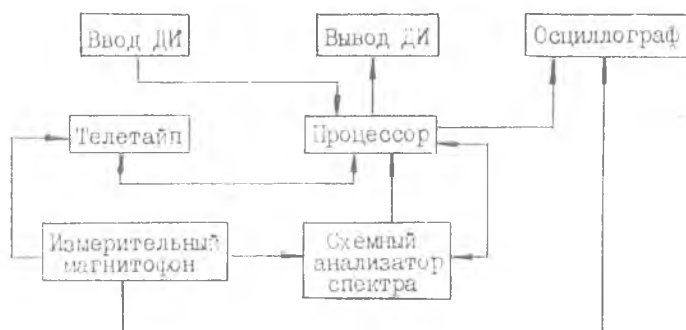


Рис. 9.4. Примерная структурная схема системы, применяемой для анализа шума, создаваемого ЛА на местности

Системы узкого назначения обычно работают по фиксированной программе, хранящейся в оперативной памяти, состоящей из 16...32 кбайт ячеек. Программа обработки составляется на алгоритмических языках: Фортран-4, АPL, Бейсик и т. д., и в случае необходимости может корректироваться.

Второе направление связано с созданием специализированных систем широкого назначения, ориентированных не на решение конкретных узких задач, а на обслуживание испытаний определенного класса объектов. Существующие тенденции к расширению функциональных возможностей объектов исследования, постоянно растущие требования к повышению эффективности решаемых объектами задач приводят к значительному усложнению уровня испытаний, возрастанию объемов и усложнению структуры измерительной информации, повышению требований к оперативности, надежности и полноте обработки материалов эксперимента, усложнению методов, алгоритмов и программ.

Используемые в настоящее время системы на базе ЭВМ имеют свои особенности, в числе которых можно назвать:

обеспечение высокой степени автоматизации процессов в системе;

возможность модификации ее структуры в соответствии с новыми условиями применения;

модульный принцип построения технических, программных и информационных средств системы;

применение серийно-выпускаемых технических средств.

При создании систем учитывают специфические особенности процесса испытаний, особенности входных и выходных данных, состав решаемых задач, требуемые режимы обработки информации и принятые формы отображения и документирования результатов.

9.4.2. Построение систем обработки на базе современных ЭВМ

В качестве примера рассмотрим двухуровневую систему обработки. Нижний уровень системы (рис. 9.5), сопряженный с источниками измерительной информации ИС, магнитными регистраторами различных применяемых типов, телеметрическими сигналами, обеспечивает предварительную обработку и анализ результатов испытаний, получение зависимостей изменения по времени физических значений, интересующих испытателя параметров. Верхний уровень системы (рис. 9.6) сопряжен с нижним (по общей магнитной ленте общим полем дисковой памяти или каналу «память—память») и представляет собой мощную систему хранения и полной обработки данных в различных режимах работы системы (пакетном, коллективного доступа, интерактивном). На верхнем уровне системы может выполняться совместная обработка результатов нескольких экспериментов или нескольких программ испытаний объекта. Оба уровня системы обладают самостоятельными средствами анализа данных и принятия решений в соответствии со своими особенностями. Структура двухуровневой системы показана на рис. 9.7.

Задача обработки измерительной информации тесно связана с задачей оперативного (сопровождающего) моделирования поведения изучаемого объекта. Ее решение обеспечивается на верхнем уровне систем автоматизированной обработки измерительной информации путем создания специализированных алгоритмических языков моделирования и пакетов прикладных программ. Кроме того, для моделирования применяются специализированные гибридные вычислительные системы (рис. 9.8), которые включают в свой состав как ЦВМ, так и АВМ. Такие системы имеют цифровые и аналоговые входы и выходы, ассоциа-

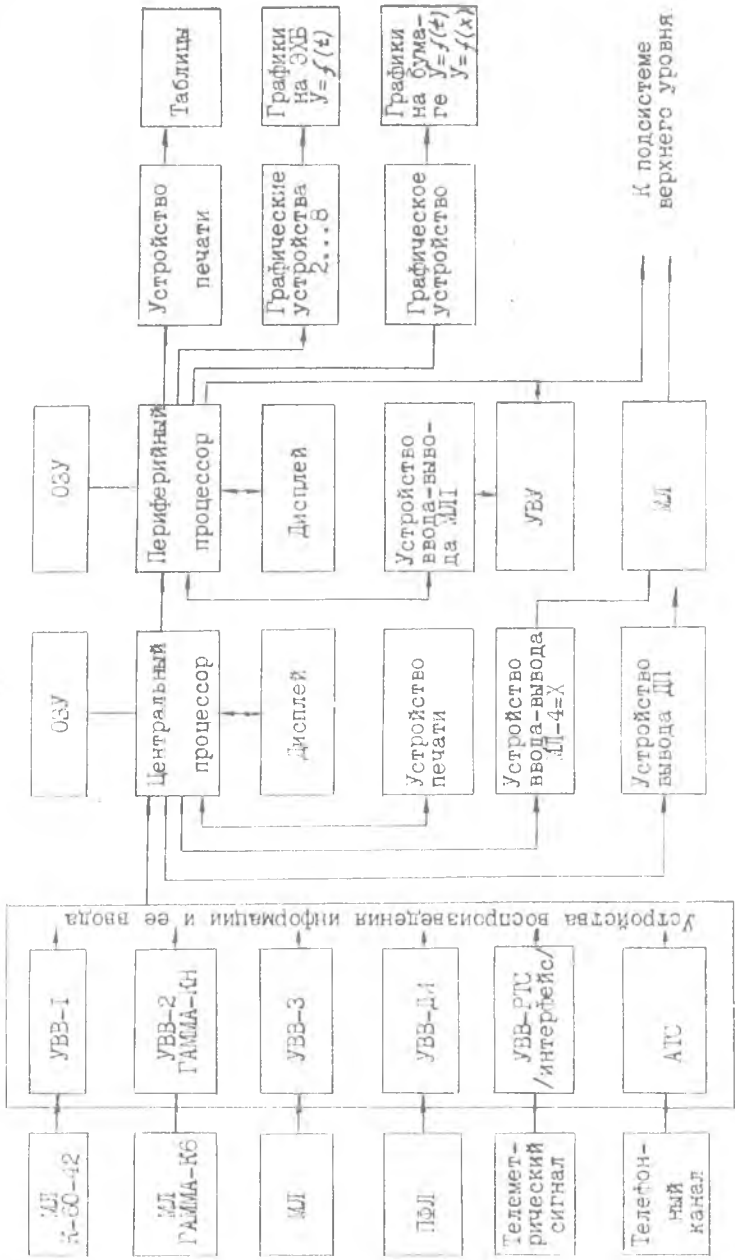


Рис. 9.5. Примерная структура подсистемы нижнего уровня

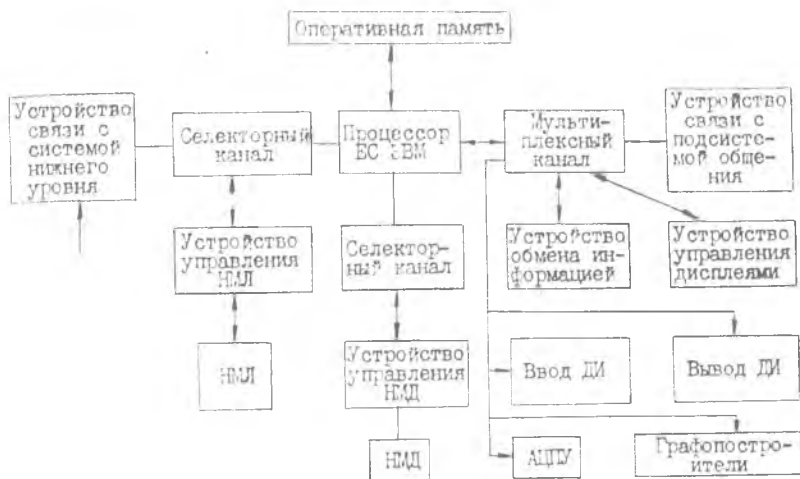


Рис. 9.6. Примерная структурная схема подсистемы верхнего уровня

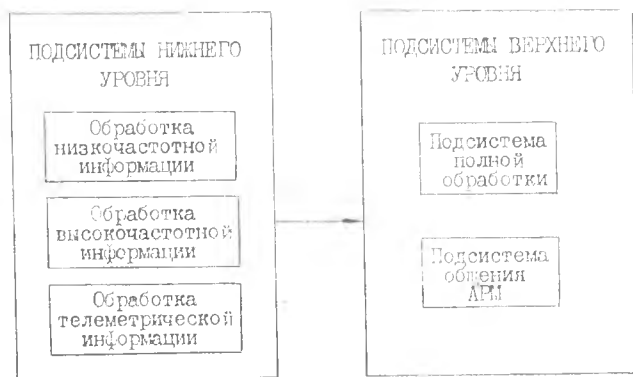


Рис. 9.7. Структура двухуровневой системы



Рис. 9.8. Примерная структурная схема гибридной вычислительной системы для моделирования поведения изучаемого объекта

тивное запоминающее устройство, цифроаналоговые и аналого-цифровые преобразователи (10...12 разрядов кода). Обмен информацией между аналоговой и цифровой частью системы осуществляется с помощью интерфейса, выполненного в соответствии с требованиями Международного стандарта КАМАК.

9.4.3. Характеристика систем обработки измерительной информации

Существующие системы обработки измерительной информации различаются между собой по назначению, структуре, комплектации, производительности, объему оперативной и внешней памяти, точности представления чисел, математическому обеспечению, способам сопряжения с источниками измерительной информации и количеству различных, одновременно вводимых параметров, видам документирования и отображения результатов обработки и т. д. Эффективность применения систем автоматизированной обработки определяется быстродействием ЭВМ, входящих в их состав, частотой ввода данных, подлежащих обработке, наличием быстродействующих внешних устройств документирования, отображения и вывода результатов, организацией систем и вычислительного процесса и т. д.

Системы автоматизированной обработки создаются на базе вычислительных машин СМ-1634; СМ-1210; ЕС-1036, 1046, 1055, 1060-90, 1061 и др. В состав систем обработки третьего поколения входят также специализированные процессоры или схемные устройства, ориентированные на выполнение определенных преобразований массивов измерительной информации (специальные процессоры для вычислений быстрого преобразования Фурье, матричные специпроцессоры, схемные анализаторы спектров, схемные устройства вычисления статистических характеристик и т. д.).

Одно из перспективных направлений развития систем автоматизированной обработки — создание систем управления хо-

дом эксперимента, обеспечивающих обработку телеметрической информации в реальном масштабе времени и отображение результатов на экранах алфавитно-цифровых и графических дисплеев, специальных индикаторах и табло.

9.4.4. Решаемые задачи. Системы измерений. Системы обработки

Решаемые в процессе летных испытаний задачи взаимосвязаны. В настоящее время отсутствуют универсальные ИИС, которые могли бы быть использованы для решения любых задач. Функционирующие на практике ИИС по их назначению можно подразделить на следующие группы:

ИИС технической диагностики, служащие для автоматического контроля функционирования объекта, прогнозирования будущего состояния системы, установления причин, вызывающих отклонение контролируемых параметров от заданных значений;

управляющие ИИС, применяемые для автоматического управления объектом путем выдачи управляющих сигналов на управляющие органы объекта или выдачи рекомендаций по ручному или полуавтоматическому управлению в процессе эксперимента или при нормальной эксплуатации;

ИИС, используемые при проведении экспериментальных исследований, связанных с определением качественных характеристик объекта или его элементов;

системы распознавания образов.

Состав технических средств, входящих в систему обработки, в наземную и бортовую части измерительных систем определяется кругом задач, решаемых в эксперименте (рис. 9.9).

9.5. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ

9.5.1. Системы обработки на базе ЭВМ

Математическое обеспечение систем подразделяется на общесистемное программное и прикладное программное обеспечение. Общесистемное программное обеспечение состоит, в свою очередь, из общего и специального. Общее программное обеспечение подсистем нижнего уровня состоит из следующих основных частей: операционная система (ОС), обеспечивающая загрузку программ и их выполнение, работу с внешней памятью (МЛ, МД), работу в пакетном и мультипрограммном режимах; трансляторы с языков высокого уровня, позволяющие совершенствовать прикладное математическое обеспечение системы и использовать вычислительные машины, входящие в систему как универсальные;

РЕШАЕМЫЕ ЗАДАЧИ

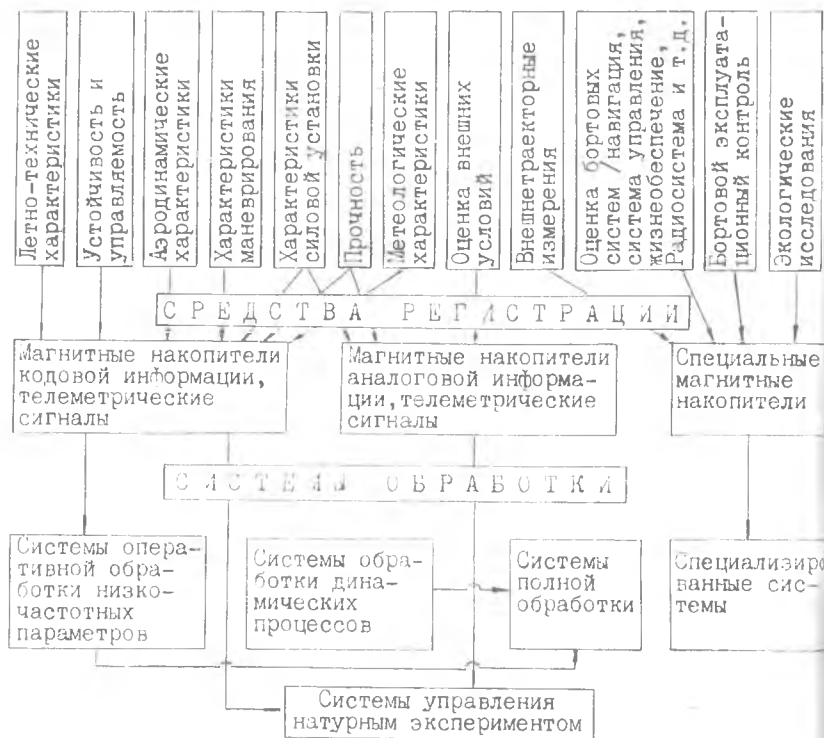


Рис. 9.9. Задачи, решаемые при летных испытаниях, средства регистрации параметров и системы обработки данных

диалоговая система подготовки математического обеспечения, работающая с использованием функциональных возможностей дисплеев и позволяющая набирать, вводить и выводить символьную информацию (файл), проводить сравнение символьных файлов, редактировать символьную информацию, распечатывать символьный файл;

набор сервисных программ и тестов, обеспечивающих перекодировку информации, распечатку областей ОЗУ, передвижение информации внутри системы, корректировку информации, проверку работоспособности технических средств;

библиотека стандартных программ широкого применения, включающая большой объем программ для выполнения математических расчетов.

9.5.2. Подсистемы нижнего уровня

В состав специального математического обеспечения систем обработки измерительной информации нижнего уровня входят программы, обеспечивающие воспроизведение, ввод, обработку, вывод, отображение, документирование и передачу информации, а также программы, управляющие процессом обработки и процессом сборки программ из готовых блоков и модулей. К специальному математическому обеспечению относятся следующие программные средства.

Операционные системы центрального процессора. Эти системы включают: драйверы устройств воспроизведения и ввода, драйвер межпроцессорной связи (при применении многопроцессорных систем), программы компоновки системного кадра, программы редактирования и обработки временной информации, компилятор (сборщик) рабочих программ, диспетчер работы программ, составленных на мнемокоде, монитор заданий.

Операционные системы предусматривают компиляцию рабочих программ обработки измерительной информации, формирование задания на обработку, управление ходом обработки, задание и оперативную корректировку формы выходных документов. Они ориентированы на быструю автоматизированную подготовку рабочих программ, проведение обработки в режиме непрерывного поступления измерительной информации в систему обработки и непрерывной выдачи результатов на графопостроители, печатающие устройства, внешнюю память. В рамках операционных систем предусматривают специальный проблемно-ориентированный язык общения с системой, упрощающий программирование обработки и управление ее ходом.

Компиляция рабочих программ производится системой в соответствии с заданием. В задании указывается источник измерительной информации, наименование входных и выходных параметров, тарировочные зависимости первичных преобразователей информации, кроссировочная таблица, виды и формы выходных документов, а также основные особенности данного процесса обработки. Средства формирования задания на обработку позволяют задавать последовательность интервалов обработки по отметкам времени или по счетчикам точек, распознавать непытательные режимы, корректировать графические документы, в ходе обработки менять масштабы параметров и их расположение на графиках.

Операционные системы обработки подразделяют на системы, предназначенные для обработки по типовой технологии, заложенной в систему обработки, и системы, ориентированные на обработку по рабочим программам, составленным на алгоритмических языках.

Сложность алгоритмов не ограничена. Результаты обработки могут накапливаться на магнитной ленте, в структуре, предусмотренной верхней системой обработки, либо передаваться на систему следующего уровня по каналу в процессе обработки. Обработка измерений может выполняться в двух режимах: либо в процессе воспроизведения записей с магнитной ленты бортового накопителя, либо при считывании данных с магнитной ленты машины.

Комплексе программ управления обработкой. Средства управления ходом обработки позволяют вести обработку в диалоговом и пакетном режимах и обеспечивают модификацию заданий на обработку, выбор режима обработки, организацию канала обработки. Комплексе программ управления предназначен для обеспечения возможности написания программ обработки измерительной информации на алгоритмических языках. Программы, входящие в комплекс, являются вычислительными, логическими, управляющими процедурами, выполняющими типовые формализованные функции в процессе обработки измерений по обращениям управляющей программы. Программы включены в состав библиотек и автоматически вводятся в рабочую программу загрузчиком, если к ним поступает обращение из управляющей программы. В состав комплекса программ управления обработкой входят: программы управления устройствами воспроизведения и вводом выбранных для обработки параметров в систему, программы редактирования измерительной информации, программы вычисления физических значений параметров по поступающей измерительной информации, программы обмена данными с внешней памятью на магнитных лентах или дисках, программы обмена данными с периферийными процессорами, программы контроля за ходом обработки с выдачей контрольных результатов или диагностических сообщений.

Операционная система периферийного процессора, предназначенного для оформления и вывода результатов обработки и документирования, включает в себя: драйверы графопостроителей, программы оформления результатов обработки для вывода на двухкоординатные графопостроители, программы оформления результатов для выдачи на алфавитно-цифровое печатающее устройство, диспетчер работы с устройством быстрой печати и быстродействующим графопостроите-

дем на электрохимической бумаге, диспетчер работы с двухкоординатным графопостроителем.

Предусмотрены три типа выходных документов: таблицы, графики изменения параметров по времени, параметрические графики. Все документы оформляются автоматически в законченном виде.

Набор специальных тестов. Тестовая проверка проводится для средств воспроизведения и тракта ввода информации в центральный процессор, межпроцессорных связей, графопостроителей.

Архив служебных данных. В архив служебных данных входят: архив кроссировочных данных (т. е. данных о последовательности поступления параметров в систему обработки), архив тарировочных зависимостей (задаваемых обычно в виде коэффициентов степенных полиномов, аппроксимирующих статические тарировочные зависимости первичных преобразователей информации), каталоги вычислительных модулей, определяющих связи между вычислительными параметрами.

Библиотека служебных и вычислительных модулей. Библиотека модулей служит базой для составления рабочих программ обработки измерительной информации. В состав библиотеки входит набор модулей, обеспечивающий решение задачи оперативной обработки: выполнение редактирования входной информации (сглаживание, выделение полезного сигнала, раскоммутация, устранение сбоев, синхронизация и т. д.); расчет физических значений параметров; расчет косвенных параметров по формульным зависимостям (дифференцирование, интерполяция, вычисление числа M полета, угла атаки α , коэффициента подъемной силы ЛА и т. д.).

9.5.3. Подсистемы верхнего уровня

Функции общесистемного программного обеспечения следующие: ввод данных с подсистем нижнего уровня и формирование базы данных; управление работой пакетов прикладных программ, производящих полную обработку измерительной информации; группировка измерительной информации по специальным признакам (типы режимов, виды определяемых характеристик по значениям сопровождающей информации и т. д.); сборка рабочих программ из модулей в соответствии с заданием на обработку, составляемым на проблемно-ориентированном языке; автоматизация программирования и отладки прикладных программ; графические и табличные документирование результатов обработки; программная поддержка разработки новых проблемно-ориентированных языков; сервисные функции, облегчающие работу оператора системой.

Все основные части общесистемного программного обеспечения имеют общую базу данных, управляемую пакетом программ информационного обеспечения. Пакеты прикладных программ получают начальные данные из базы данных и помещают в базу данных результаты своей работы. В состав общесистемного программного обеспечения входят следующие элементы: пакет программ информационного обеспечения, программы связи с подсистемами нижнего уровня, пакет программ графического и табличного документирования, подсистема документирования графической информации на базе стандартного графического пакета применяемой операционной системы; набор программных средств для сервисного обслуживания, включающий пакет мониторинговых программ, текстовый наборщик, позволяющий размещать пакет на странице и редактировать его в соответствии с типографскими правилами, диалоговый редактор, позволяющий с дисплея редактировать текстовую библиотеку, вызывать для редактирования программные модули из библиотеки, исключать, добавлять, заменять строки модуля и записывать новые модули в библиотеку, распечатать или отформатировать необходимый модуль, метатранслятор для реализации проблемно-ориентированных языков; подсистема «Контроль» для тестового и алгоритмического контроля функционирования технических средств системы, имеющая несколько режимов работы и выполняющая оперативный контроль, проверку готовности ЭВМ к работе, профилактический контроль. Средства контроля реагируют на сигналы прерывания от схем аппаратного контроля, анализируют и оперативно выдают информацию о состоянии устройств системы.

Пакет программ информационного обеспечения. Предназначен для организованного приема, преобразования в унифицированные форматы и накопления материалов экспериментов, а также результатов их обработки по ряду программ испытаний (рис. 9.10). Данные могут поступать из подсистем нижнего уровня, а также от других систем обработки.

Средства пакета обеспечивают независимость прикладных программ обработки от данных, с которыми они оперируют, с помощью хранимого их описания и программных средств обработки данных и их описаний. Совокупность данных охватывает первичную измерительную информацию, результаты обработки. Средства пакета позволяют определить логическую структуру базы данных для любой программы эксперимента. Каждый результат эксперимента сопровождается идентифицирующей информацией, содержащей дату эксперимента, типы выполняемых в эксперименте режимов, наименования регистрируемых и вычисляемых параметров и характеристик, единицы их измере-



Рис. 9.10. Пакет программ информационного обеспечения

ния, временные интервалы, типы хранимых величин. Информация, которая может поступать с систем нижнего уровня, вводится вместе с программой обработки или с перфокарт, записывается при создании и заполнении базы данных. Заполнение базы данных производится в соответствии с выбираемой логической структурой. Обеспечивается выделение любой комбинации параметров из вводимых массивов данных с покадровой структурой, преобразование вводимых данных из одного типа в другой, формирование произвольной структуры выходной информации (кадра). Осуществляется резервирование полей для параметров, вычисляемых при полной обработке, разделением вводимых данных на основные и вспомогательные, выделение временных интервалов и усреднение данных на заданных интервалах, прореживание данных и т. д.

К тексту программ информационного обеспечения могут быть добавлены произвольные прикладные программы на языках PL-I, Фортран, Ассемблер. Среди программ информационного обеспечения предусмотрены программы обобщения данных, слияния однотиповых режимов по нескольким экспериментам, программы, выполняющие автоматическую сортировку по заданным признакам обобщенных данных, корректировку записей, поиск и передачу прикладной программе различных комбинаций данных из обобщенных наборов.

Программы позволяют также осуществлять работу при динамическом распределении памяти и выдавать на АЦПУ описание любого элемента логической структуры базы данных. При работе средств информационного обеспечения широко использован принцип «умолчания», дающий возможность формировать предельно короткие задания на обработку при применении базы данных для типичных режимов обработки.

Программы связи с подсистемами нижнего уровня позволяют работать с предварительно накопленными на системах нижнего уровня на магнитных лентах данными в формате, воспринимаемом системой верхнего уровня с заданными межзонными промежутками, структурой зоны на магнитной ленте и зонными маркерами. Возможна работа при обмене информацией через адаптер устройства связи вычислительных систем записями, не превышающими заданную длину (например 3600 байт). Обычно при таком способе передачи данных инципирующей является система нижнего уровня.

Средства отображения информации. Математическое обеспечение дисплеев предусматривает:

- генерирование на экране таблицы сопровождения избираемого формата;

- надпись n -й заглавной строки генерируемой таблицы сопровождения;

- надпись n -го заглавного столбца генерируемой таблицы;

- вывод алфавитно-цифровых знаков на избираемые по номерам строк и столбцов места таблицы сопровождения;

- вывод действительных цифровых значений избираемого формата на избираемые по номерам строк и столбцов места таблицы;

- генерирование системы координат на экране избираемого формата;

- установка и надпись масштаба по оси X ;

- установка и надпись масштаба по оси Y в избираемом формате;

- изображение значений функции $f(x, y)$ в системе координат в виде точек и непрерывной линии;

- вывод алфавитно-цифрового знака на избираемое место экрана по положению указателя или по координатам x, y ;

- прием алфавитно-цифровой последовательности знаков на пульте управления дисплеем.

Прикладное математическое обеспечение. Определяется классом задач, для решения которых применяется конкретная система обработки, особенностями используемых для регистрации измерительной информации магнитных накопителей, типами применяемых для измерения первичных

преобразователей информации и т. д. Как указывалось выше, для многоуровневых систем обработки подсистемы нижнего уровня ориентированы на обработку различных видов испытаний, подсистема же верхнего уровня воспринимает и обрабатывает информацию, поступающую от различных подсистем нижнего уровня.

На рис. 9.11 приведена примерная структурная схема, иллюстрирующая существующие информационные связи между различными видами физических исследований (измерительными системами), типами магнитных накопителей и системами обработки. Прикладное математическое обеспечение подсистем нижнего уровня состоит из набора подпрограмм (модулей), обеспечивающих вычисление параметров, определяемых при оперативной обработке измерительной информации и позволяющих компоновать рабочие программы оперативной обработки. Число таких модулей для различных подсистем нижнего уровня составляет от нескольких десятков до нескольких сотен. В состав математического обеспечения подсистемы обработки низкочастотной информации, в частности, входят модули расчета физических значений параметров, измеряемых различными типами

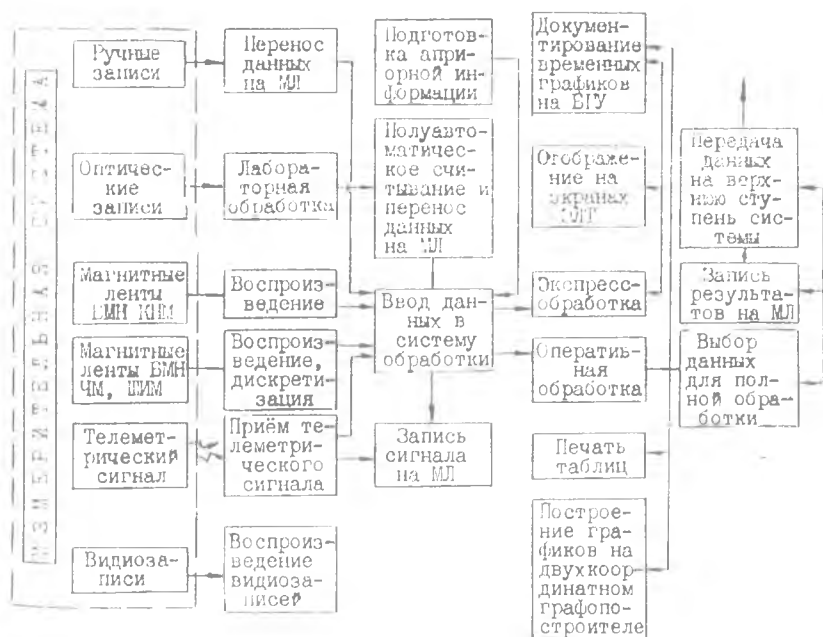


Рис. 9.11. Примерная схема информационных связей между различными видами физических исследований

первичных преобразователей, модули расчета в функции времени косвенных зависимостей, непосредственно не измеряемых в эксперименте, модули введения необходимых поправок в измерительную информацию, модули устранения сбоев, сглаживания, дифференцирования и т. д.

В состав прикладного математического обеспечения систем верхнего уровня входят пакеты прикладных программ, ориентированных на полную обработку материалов отдельных видов испытаний, предусматривающие возможность совместной обработки серии экспериментов и определения обобщенных характеристик исследуемого объекта. Примерами могут служить пакеты программ определения: статистических и спектральных характеристик, параметров математических моделей движения объектов, характеристик силовой установки, летио-технических характеристик и т. д.

9.6. ТЕХНОЛОГИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

9.6.1. Основные задачи обработки

В процессе автоматизированной обработки измерительной информации и при подготовке к автоматизированной обработке должны быть решены следующие задачи:

выбор конкретного набора параметров из потока измерительной информации, подлежащих обработке, и формирование кадра входной информации (подготовка кроссировочной таблицы);

определение состава алгоритмов обработки, сборка и настройка параметров рабочей программы обработки;

выбор масштабов параметров для обработки и выдачи результатов на графики и устройства отображения (масштабирование);

установление набора параметров, определяемых в результате обработки, и формирование кадра или массива выходной информации;

подготовка и задание в систему обработки априорной информации параметров алгоритмов, требуемой точности, поправочных коэффициентов, тарировочных зависимостей измерительных преобразователей, признаков начала и конца массивов обработки, идентифицирующей информации и т. д.;

ввод данных в систему обработки с различных носителей измерительной и сопровождающей информации (с магнитных лент бортовых магнитных накопителей, устройств полуавтоматического считывания и кодирования информации, телеметрических каналов связи, и т. д.);

проверка кондиционности зарегистрированных в эксперименте зависимостей, диагностика работы информационно-измерительной системы;

выделение полезных сигналов на фоне помех, обнаружение и устранение сбоев в информации;

устранение систематических ошибок и динамических искажений, вносимых измерительными устройствами;

приведение измерений к единым моментам времени (синхронизация);

определение физических значений регистрируемых параметров (расшифровка кодов параметров с помощью калибровочных и тарировочных зависимостей);

вычисление косвенных зависимостей, не измеряемых непосредственно в эксперименте и связанных с измеряемыми зависимостями известными функциональными соотношениями;

сжатие информации, отбор информативных участков записи для последующей обработки;

документирование и отображение расшифрованных значений;

передача результатов обработки на верхнюю ступень обработки или накопление результатов во внешней памяти системы;

определение обобщенных и специальных характеристик объекта исследования, его модели или систем, совместная обработка серии испытательных режимов;

анализ результатов полной обработки, оценка точности и достоверности результатов;

создание информационного банка данных, накопление данных об объекте исследования;

отображение и документирование в приемлемой для экспериментатора форме характеристик объекта и показателей его функционирования.

Технологическая схема обработки на нижнем уровне системы автоматизированной обработки приведена на рис. 9.12.

9.6.2. Основные этапы обработки

В процессе переработки информации участвуют следующие совокупности элементов: потоки измерительной информации, поступающие в систему обработки с устройств воспроизведения записей данных или по каналам связи; задачи и алгоритмы обработки; технические средства ввода, обработки, хранения и выдачи данных; специалисты, обеспечивающие процесс обработки и анализа результатов.

Порядок взаимодействия этих элементов образует организацию вычислительного процесса. В качестве основных характеристик вычислительного процесса обычно считают общее

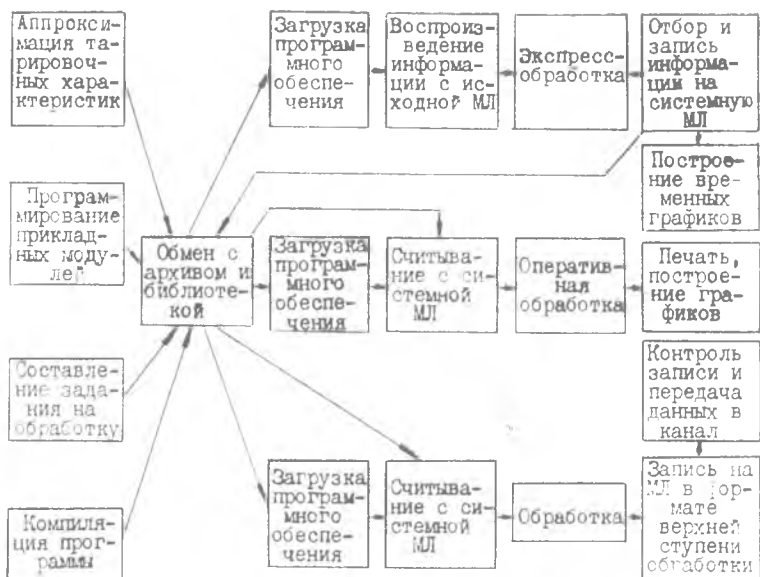


Рис. 9.12. Технологическая схема обработки на нижнем уровне системы автоматизированной обработки

время решения заданного класса задач и технико-экономический выигрыш от их решения. Улучшение этих показателей может осуществляться путем оптимизации систем сбора данных, организации вычислений, выбора структуры вычислительной системы и разработки более совершенных алгоритмов и программ обработки и автоматизированного анализа результатов. При проведении автоматизированной обработки решаются следующие задачи.

Составление программы. На современных системах обработки программа обработки составляется автоматизированными методами из имеющихся в прикладном математическом обеспечении блоков (модулей), выражаемых в соответствии с конкретным набором измеряемых в эксперименте параметров и применяемой измерительной и регистрирующей аппаратурой. Как правило, такая программа составляется на специализированном языке заданий, принятом для данной вычислительной системы. В случае необходимости недостающие модули обработки составляются на алгоритмических языках. Составленная программа затем может оптимизироваться по быстродействию (например при применении мониторинной системы программирования). В процессе составления программы осуществляется выбор алгоритмов расчета, настройка параметров про-

граммы, выбор конкретного набора данных, подлежащих обработке (формирование кадра входной информации), и определение набора параметров после обработки (формирование «кадра» результатов обработки).

Ввод информации, регистрируемой на бортовых магнитных накопителях или передаваемой по телеметрическим каналам связи в систему. В процессе ввода производится согласование структуры (формата) поступающей информации и информации, воспринимаемой системой обработки, например, перевод последовательного кода параметров в параллельный, дискретизация аналоговых сигналов, отделение служебных сигналов от измерительных и т. д. Осуществляется проверка кондиционности поступающих данных (например, контроль по четности, при применении помехоустойчивых кодов). В случае одновременного ввода нескольких поступающих от различных источников потоков информации осуществляется их синхронизация.

Экспресс-обработка и визуализация измерительной информации. Экспресс-обработка выполняется с целью быстрого получения информации об эксперименте, оценки выполнения задания на эксперимент и построения профиля эксперимента, а также для технической диагностики работы информационно-измерительной системы и проверки кондиционности поступающих данных. Этот этап обработки выполняется непосредственно после эксперимента при воспроизведении записей со скоростью регистрации данных на магнитные накопители, а также в ряде случаев при ускоренном воспроизведении записей в 2—4 раза. Результаты экспресс-обработки выдаются в виде обзорных временных графиков, получаемых с помощью быстродействующих графопостроителей на электрохимической бумаге. Для проведения экспресс обработки используют либо специальные режимы работы системы автоматизированной обработки, либо устройства экспресс-обработки специализированные и визуализации.

Оперативная обработка экспериментальных данных. Оперативная обработка измерительной информации выполняется на подсистеме нижнего уровня. Цель оперативной (первичной) обработки — получение более подробных сведений о проведенном эксперименте. На этапе оперативной обработки определяются физические значения измеряемых параметров, вычисляются неизмеряемые параметры, связанные с измеряемыми известными физическими зависимостями, строятся временные графики или печатаются таблицы значений параметров на заданных временных интервалах. По этим данным принимается решение о проведении следующего эксперимента и выбираются участки записей для полной обработки. При этом ре-

шаются следующие вычислительные задачи: выделение полезного сигнала на фоне помех, устранение сбоев в записях параметров, сглаживание случайных помех, синхронизация измерений, т. е. приведение измеренных значений к единым моментам времени, определение физических значений регистрируемых параметров по калибровочным и тарировочным зависимостям, введение необходимых поправок в рассчитанные значения, устранение систематических ошибок измерений, учет динамических ошибок, вносимых измерительными преобразователями линиями связи, ввод аэродинамических поправок, поправок на неточность установки датчиков и т. п., расчет косвенных зависимостей, связанных с измеряемыми известными физическими зависимостями, сжатие информации, выбор параметров и участков записей для последующей обработки на второй ступени вычислительной системы, документирование и отображение результатов, организация архива и результатов обработки.

Полная обработка экспериментальных данных. На верхней ступени системы автоматизированной обработки решаются задачи расчета сложных функциональных зависимостей, определения обобщенных характеристик и критериев функционирования испытуемого объекта и его модели, проведения совместной обработки совокупности экспериментов, определения статических и спектральных характеристик измерительной информации, моделирования поведения объекта в новых условиях. Проводится автоматизированный анализ результатов обработки, выполняется отображение и документирование их на соответствующих устройствах системы обработки в виде параметрических графиков и таблиц. Организуется банк данных и результатов. Полной обработке обычно подвергаются 10—15 % регистрируемых данных. Результаты полной обработки должны обеспечивать оценку функционирования изучаемого объекта, диагностику его неисправностей, получение исходных данных для математического моделирования, прогнозирования поведения объекта вне области измерения параметров, определения стратегии управления и т. д. (рис. 9.13, 9.14).

9.7. РЕЖИМЫ РАБОТЫ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКИ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

9.7.1. Основные операции

Системы автоматизированной обработки измерительной информации в процессе функционирования выполняют следующие основные операции:

1. Ввод измерительной и сопутствующей информации в систему. Измерительная информация либо предварительно накап-

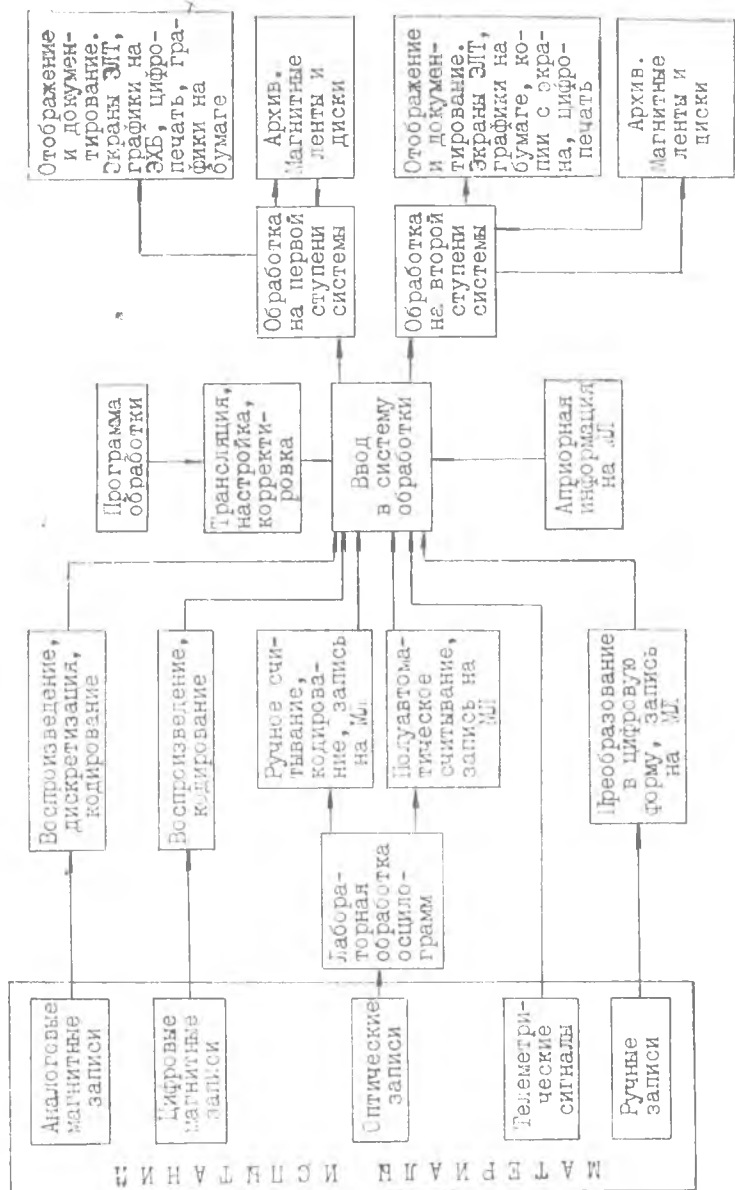


Рис. 9.13. Примерная структура процесса обработки измерительной информации на двухуровневой системе



Рис. 9.14. Основные этапы обработки данных на верхнем уровне системы обработки

дливается в ходе эксперимента на различного типа бортовых магнитных накопителях, шлейфовых осциллографах и других видах носителей информации, либо передается в систему обработки непосредственно в ходе эксперимента по телеметрическим, телефонным и другим каналам связи. В процессе ввода осуществляется воспроизведение зарегистрированных данных, в случае необходимости представление их в дискретной цифровой форме и представление в структуре, воспринимаемой системой обработки.

2. Упорядоченное накопление поступающей информации и обработка ее в соответствии с программой, целями и задачами исследований объекта испытаний. В процессе накопления информации проводится ее корректировка, редактирование, идентификация и т. д. Обработка данных выполняется либо в ходе эксперимента (в реальном масштабе времени), либо в темпе воспроизведения данных с их носителей, либо после накопления необходимых для обработки массивов экспериментальных данных, либо по завершении эксперимента.

3. Автоматизированный анализ результатов обработки по принятым критериям, а также путем непосредственного общения соответствующих специалистов с системой обработки при обеспечении оперативного доступа к измерительной информации, результатам обработки и программам вычислений.

4. Автоматизированное отображение и документирование результатов обработки. Документирование результатов выполняется либо непосредственно в ходе решения задачи обработки, либо по завершении обработки, если ее результаты фиксиро-

вались, например, на магнитную ленту, совместимую с магнитной лентой графопостроителя.

5. Проведение инженерных расчетов и математического моделирования. Эти операции выполняются на системах в свободное от обработки измерительной информации время.

Указанные выше операции наиболее эффективно реализуются при различных режимах работы систем автоматизированной обработки. Режимы работы выбираются в зависимости от функционального назначения системы, ее производительности, конкретного класса решаемых на системе задач и т. д. Обычно различают следующие основные режимы работы систем автоматизированной обработки: режим реального времени, пакетный режим обработки, мультипрограммный режим коллективного пользователя, интерактивный режим.

На системах, имеющих развитую систему прерываний вычислительного процесса и развитое системное обеспечение, реализуются различные режимы обработки измерительной информации.

9.7.2. Режим реального времени

Этот режим работы вычислительной системы применяется в основном при оперативной обработке измерительной информации. Обработка выполняется в темпе поступления данных в систему. В случае поступления информации с бортовых магнитных накопителей допускается ее ускоренное в 2—4 раза по сравнению с записью воспроизведение. Одновременно обрабатываемые параметры (т. е. параметры, совместно входящие в вычислительные алгоритмы) при этом относятся к одному временному сечению. Скорость поступления информации согласовывается со скоростью обработки обычно с помощью буферной памяти.

9.7.3. Мультипрограммный режим

Этот режим работы ЭВМ характеризуется совместным выполнением процессором нескольких программ или отдельных частей одной программы, при котором не требуется окончания ни одной из программ для пуска или продолжения вычисления другой программы, причем в каждый момент времени процессор выполняет команды только одной программы из числа всех, совместно выполняемых. Например, если возникла необходимость обмена данными с внешним устройством и до окончания обмена данная программа не может выполняться, то осуществляется переход к следующей программе, которая выполняется до окончания обмена. Переход от одной программы к другой называется *прерыванием*. Источники прерываний

можно разделить на группы: прерывание от схем контроля, программное прерывание, прерывание при обращении к управляющей программе, внешние прерывания, прерывания от устройств ввода-вывода.

К источникам внешних прерываний относятся команды оператора, сигналы счетчиков времени, сигналы от управляемых объектов.

Программное прерывание возникает при необычных ситуациях в работе машины (ошибках в кодах операций), нарушении границ защиты, неправильной адресации, переносении разрядной сетки, делении на нуль, потере разрядов.

Прерывание от схем контроля бывает при неисправности оборудования, ошибках при контроле по четности, сбоях в работе канала или внешнего устройства, неисправности питания.

Периодически обычно осуществляется переход к программе диагностического контроля.

Прерывание от устройств ввода-вывода осуществляется для организации параллельной работы процессора, каналов и внешних устройств. Система прерываний обеспечивает более полную загрузку машины при обслуживании группы абонентов.

9.7.4. Режим работы коллективного пользователя

Этот режим в настоящее время применяется в основном на этапах отладки программ обработки на системах. В перспективе, при существенном увеличении производительности систем, режим работы коллективного пользователя может применяться для оперативной обработки при наличии выносных пультов общения с системой, систем отображения и документирования результатов.

9.7.5. Интерактивный режим

Интерактивный режим непосредственного общения пользователя с системой обработки осуществляется с помощью специализированных систем общения, включающих устройства обмена информацией и указаний на телетайпах, специальных пультах и дисплеях. Такой режим работы является основным в системах управления ходом эксперимента.

9.7.6. Подготовка к автоматизированной обработке измерительной информации

На этапе подготовки к автоматизированной обработке измерительной информации решаются следующие основные задачи.

1. Определяются тарировочные зависимости первичных преобразователей информации, т. е. по результатам наземного экс-

перимента определяется связь между последовательностью установленных входных сигналов различного уровня, подаваемых на вход первичного преобразователя, и значениями выходного сигнала (статическая тарировка). Для некоторых типов первичных преобразователей определяется их реакция на тестовые сигналы заданного вида (динамическая тарировка).

2. Выполняется аппроксимация экспериментальных тарировочных зависимостей степенными полиномами из условия минимума суммы квадратов отклонений экспериментально определенных тарировочных значений от аппроксимирующего полинома (метод наименьших квадратов). Степень аппроксимирующего полинома обычно выбирается не выше третьей, что, как правило, обеспечивает достаточную для практики точность аппроксимации и приемлемые затраты машинного времени на вычисление физических значений регистрируемых в эксперименте параметров. Коэффициенты аппроксимирующих полиномов задаются в программу обработки.

3. Выбираются масштабы параметров, используемые в программах обработки или при выдаче результатов вычислений в виде графиков.

Масштабы выбирают исходя из диапазона изменения параметров и предполагаемого размещения их на полях графиков. Следует отметить, что при подготовке к проведению эксперимента диапазоны измерения первичных преобразователей должны быть согласованы с диапазонами изменения параметров, причем диапазоны измерения первичных преобразователей, предназначенных для измерения связанных между собой параметров, должны быть также согласованы.

4. Определяется порядок следования кодов параметров в кадрах записи магнитных накопителей. Из общего числа регистрируемых параметров выбираются параметры, подлежащие обработке в первую очередь. Эта информация задается в программу обработки в виде специальной кроссировочной таблицы, устанавливающей соответствие между порядковым номером канала записи (параметра) в кадре магнитного накопителя и соответствующим блоком (модулем) программы обработки для каждого параметра.

5. В случае необходимости подготавливается идентифицирующая информация (если она не была предварительно зарегистрирована на магнитной ленте бортового магнитного накопителя): сведения о номере эксперимента, времени его проведения, признаках начала и конца испытательных режимов и т. д. Для программируемых бортовых систем сбора информации указываются данные о конкретной программе сбора данных.

6. Определяется перечень вычисляемых характеристик, состав информации на выходе из системы, т. е. определяется, какие из вычисляемых параметров должны документироваться в виде графиков, таблиц, или отображаться на экранах электронно-лучевых трубок (дисплесв), а также определяется состав параметров, подлежащих передаче на верхнюю ступень системы обработки для дальнейшего анализа.

7. Определяется необходимый перечень алгоритмов обработки и соответствующих им программных модулей. Подготавливаются необходимые параметры алгоритмов обработки.

8. На основании подготовленных данных с помощью средств автоматизации подготовки программ, входящих в математическое обеспечение системы обработки, составляются рабочие программы для системы нижнего и верхнего уровня обработки. Если измерительная информация регистрировалась на магнитных накопителях в виде аналогового сигнала, то перед обработкой выбирается необходимая частота дискретизации для ввода данных в систему обработки.

Отдельные параметры могут регистрироваться на счетно-лучевых осциллографах. Графики изменения по времени таких параметров используют для снятия с них значений параметров.

Распределение вычислительных задач между системами нижнего и верхнего уровней не является жестким и может изменяться.

9.7.7. Отображение и документирование информации

На системах нижнего уровня основными средствами документирования результатов обработки являются быстродействующие графические построители, обеспечивающие построение графиков изменения параметров в темпе выдачи данных из машины. Как правило, эти графопостроители строят графики в виде дискретных значений на специальной бумаге (электрохимической, электростатической, термочувствительной и т. д.). Пишущим элементом служит гребенка, состоящая из 256, 512 или 1024 пишущих элементов, что соответствует 8, 9 или 10-разрядным кодам параметров. Каждому элементу соответствует свое значение кода параметра, выдаваемого на график. На одном поле графика, соответствующего одному графопостроителю, обычно изображают 10—15 графических зависимостей. Количество выдаваемых на график зависимостей определяется возможностью четкого их распознавания при условии возможного взаимного пересечения кривых. Графики параметров сопровождаются масштабными шкалами и идентифицирующей информацией, облегчающей восприятие графической информацией. Масштабная сетка строится с помощью подачи специальных сигналов на каждый десятый пишущий элемент.

Отчетные графические документы строят по окончании оперативной обработки материалов эксперимента на специальных двухкоординатных графопостроителях в виде непрерывных кривых. Построение таких графических зависимостей осуществляется с помощью специальных пакетов программ, обеспечивающих построение масштабных осей, нанесение необходимых шкал и надписей на полях графика, вычерчивание отдельных элементов графических зависимостей и т. д. Графическая информация в процессе проведения обработки измерительной информации может отображаться также на экране дисплеев. На один экран отображается порядка 5—8 различных зависимостей в функции времени.

На верхнем уровне системы обработки документирование информации выполняется на цифropечатающих устройствах или двухкоординатных графопостроителях, причем на графики выдаются как отдельные зависимости, так и семейства кривых, зависящих от параметров. Имеется возможность выдавать отдельные экспериментальные точки и по ним проводить непрерывную осредняющую кривую. В состав математического обеспечения систем верхнего уровня входят программные средства позволяющие редактировать и печатать в случае необходимости отчетные документы.

На алфавитно-цифровых печатающих устройствах предусмотрена возможность построения графической информации по точкам, изображаемым с помощью знаков алфавита данного устройства.

9.8. СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ЭКСПЕРИМЕНТА

Создание систем управления процессом натурального эксперимента — важное быстроразвивающееся направление совершенствования средств автоматизации экспериментальных исследований сложных технических объектов. Оперативное управление экспериментом предполагает наличие нескольких различных программ хода испытаний, одна из которых — основная, а другие — резервные и служат для быстрой смены задания в зависимости от получаемых результатов.

Для того, чтобы обеспечить решение задачи управления экспериментом, система должна выполнять сбор, регистрацию и передачу измерительной информации с объекта испытаний в вычислительный комплекс, проводить обработку потоков измерений в реальном масштабе времени, отображать результаты обработки в виде, удобном для восприятия инженером, и в объеме, необходимом для принятия обоснованного решения по про-

должению эксперимента (оценка хода испытаний), планированию последующих испытательных маневров или экспериментов. Система управления экспериментом должна реагировать на изменение программы испытаний, условий эксперимента и обеспечивать оперативное изменение программ обработки, вида и количества отображаемой информации. Особенное значение при этом приобретает надежность работы системы. Отдельные сбои в работе системы не должны оказывать существенного влияния на процесс управления экспериментом.

Задача управления натурным экспериментом решается с помощью специализированных ИИС, в состав которых входят следующие основные технические средства:

- бортовая система сбора измерительной информации;
- радиотелеметрическая станция передачи данных с борта в наземную часть системы;

- бортовые магнитные накопители, регистрирующие измерительную информацию непосредственно на объекте;

- система контроля и управления бортовой ИИС;

- бортовая вычислительная машина, используемая для расчета и отображения (индикации) непосредственно на объекте наиболее важных параметров и для управления ИИС сбора данных;

- наземная система приема и регистрации информации;

- система обработки данных в реальном масштабе времени; средства отображения результатов обработки на экранах графических и аналого-цифровых дисплеев, документирование в графической или цифровой форме;

- система связи, обеспечивающая передачу команд на объект и координацию работы различных участников эксперимента.

Бортовая и наземная часть системы управления экспериментом. Бортовая вычислительная машина (обычно мини- или микроЭВМ) позволяет программно управлять системой сбора информации, настраивать систему по диапазону изменения измеряемых сигналов, числу подключаемых к системе первичных преобразователей, их номенклатуре, изменять структуру кадров и подкадров в потоке данных, а также распределять параметры по каналам передачи и регистрации данных. Помимо этого в ряде систем управления экспериментом бортовая ЭВМ выполняет оперативную обработку и отображение на борту нескольких наиболее критических параметров, характеризующих функционирование объекта, от значений которых зависит безопасность проведения эксперимента или кондиционность заданий, выполняемых в соответствии с программой испытаний.

Наземная часть системы управления экспериментом состоит из телеметрического приемника, магнитных регистраторов телеметрического сигнала, устройств демодуляции, синхронизации, декодирования и фильтрации телеметрического сигнала, аналого-цифровых преобразователей, устройств контроля и отображения поступающих сигналов, системы воспроизведения магнитных записей с накопителем информации, систем обработки, отображения, документирования, накопления результатов обработки на магнитных дисках, магнитных лентах и других носителях информации. Отдельные функции наземной части системы могут выполняться специальными процессорами, подчиненными центральной ЭВМ. Количество процессоров у различных систем составляет от 1 до 6, причем такие процессоры обладают собственной памятью от 32 до 192 кбайт. В качестве центральных ЭВМ применяются вычислительные машины с быстродействием порядка 600000...1300000 операций в секунду. Объем оперативной памяти составляет 128...256 кбайт. В состав внешних устройств ЭВМ входят накопители на магнитных дисках с объемом памяти 50.. 100 Мбайт, накопители на магнитных лентах с объемом памяти порядка 160 Мбайт на одной ленте.

Помимо центрального процессора в состав ряда систем входит специализированный процессор для преобразования кодов измеряемых параметров в физические значения.

Производительность ЭВМ, входящих в состав систем обработки в реальном масштабе времени, обеспечивает обработку потоков измерительной информации от 10000 до 40000 измерений в секунду.

Системы отображения результатов обработки состоят из 2—6 графических и алфавитно-цифровых дисплеев и специальных индикационных табло. На одном экране ЭЛТ отображается до восьми функциональных зависимостей или 6—10 зависимостей функции времени. Изображение графических зависимостей осуществляется путем движения изображающих точек по экрану в реальном масштабе времени. Графики изменения параметров сопровождаются текущими ограничениями (предельно допустимыми значениями параметров), масштабами, оцифровкой, поясняющими надписями. Изменяющееся по времени изображение параметров на экране ЭЛТ порядка 30—60 с времени эксперимента. На экранах алфавитно-цифровых дисплеев и индикаторов выдается цифровая информация о достигнутых в эксперименте значениях параметров (32—64 значения), характеристики, постоянные для конкретного режима работы объекта, различного рода предупреждающие сигналы, сигнальная индикация разовых команд, индикация выхода параметров за ограничения (16—32

сигналов), индикация выхода за ограничения приращений параметров (производных) и т. д. Документирование результатов выполняется на быстродействующих электростатических или электрохимических графопостроителях, работающих в реальном масштабе времени, причем на одном поле графика выдается от 8 до 30 различных зависимостей по времени. Число таких графопостроителей у различных систем составляет от 1 до 8. Кроме того, в некоторых системах предусмотрена техническая возможность получать копии изображений с экранов ЭЛТ за время порядка 8 с на специальной термочувствительной бумаге. Системы управления экспериментом могут применяться и для полной обработки информации после проведения эксперимента, поэтому в состав средств документирования включают также устройства цифрочечной и двухкоординатной графопостроители.

9.9. ПОДГОТОВКА К АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ОБРАБОТКЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Подготовка к автоматизированной обработке измерительной информации, регистрируемой на бортовых магнитных накопителях, состоит из следующих этапов:

оценка качества регистрируемой в эксперименте информации, работоспособности ИИС и качества выполнения эксперимента;

подготовка и ввод в систему обработки тарировочных зависимостей первичных преобразователей информации;

подготовка и ввод в систему обработки априорной информации о характерных значениях некоторых параметров об условиях эксперимента, ввод идентифицируемой информации;

задание кроссировочных таблиц, масштабных коэффициентов, параметров, характеризующих расположение графиков на выходных графических устройствах;

задание порядка обработки информации и выдача результатов обработки.

Для задания в систему обработки априорной информации применяются следующие способы ее представления: табличный метод; задание коэффициентов полиномов, аппроксимирующих априорные зависимости; задание коэффициентов сплайн-аппроксимации априорных зависимостей.

Табличный метод обычно используется при задании кроссировочных таблиц и масштабных коэффициентов, а также для задания функциональных зависимостей одной или многих переменных. В последнем случае этот метод применяется в сочетании с различными методами интерполяции для определения значений функции при конкретных значениях аргументов. Когда

функция имеет одну переменную, табличный подход позволяет значительно сократить объем вычислений, если аргумент принимает дискретные значения. Например, если аргумент функции регистрируется девятиразрядным двоичным кодом, то всего может быть получено не более $511 = 2^9 - 1$ различных значений функции. Для упрощения вычислений значение аргумента интерпретируется как адрес ячейки памяти системы, в которой находится соответствующее значение функции.

Аппроксимация степенными полиномами и сплайнами априорных зависимостей обычно применяется тогда, когда эти зависимости сами получены с использованием экспериментальных данных (например тарифовочные зависимости). При практических расчетах обычно ограничиваются небольшой степенью аппроксимирующего полинома или сплайна, поскольку увеличение степени полинома снижает сглаживающие свойства аппроксимации и при выполнении операции над числами с фиксированной запятой может привести к существенному увеличению вычислительной погрешности. Для аппроксимации тарифовочных зависимостей первичных преобразователей информации обычно ограничиваются третьей степенью аппроксимирующего полинома. Результаты аппроксимации выдаются в виде десятичных чисел или промасштабированных восьмичисловых чисел, являющихся коэффициентами аппроксимирующих полиномов.

10. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ И МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

10.1. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

10.1.1. Допуск к работе

В случае неграмотного или небрежного выполнения работ по техническому обслуживанию авиационной техники обслуживающий персонал может получить тяжелые травмы. Во избежание этого к работам на авиационной технике допускаются только специалисты, хорошо знакомые как с ней, так и с мерами безопасности по ее эксплуатации и обслуживанию. Следует помнить, что из-за ограниченных доступов к деталям, системам и агрегатам самолета и вертолета при небрежном пользовании инструментом возможны травмы рук. При работах на крыле и хвостовом оперении нужно следить за исправностью и аккуратностью установки стремянок и лестниц, а также за правильностью крепления трапов во избежание падений с последующими ушибами или костными переломами.

10.1.2. Работы в кабинах

Перед началом работы во избежание случайного складывания шасси и самопроизвольного включения электрических агрегатов проверяют:

установлены ли предохранительные чеки на все пиромеханизмы, а также на рычаги, перемещение которых может привести к непроизвольному срабатыванию различных механизмов;

плотно ли прилегают колпачки кнопок тормозных парашютов;

находятся ли переключатели кранов выпуска шасси и закрылков в нейтральном (выключенном) положении;

выключены ли переключатели электроцепей, соединяющих источники электроэнергии с бортовой сетью.

10.1.3. Работа в кабине экипажа

Не допускается посадка в кабину с инструментом и посторонними предметами в карманах, так как их потеря может явиться причиной заклинивания управления самолетом в полете. Все работы в кабине и на других объектах по осуществлению контроля за состоянием авиационной техники специалисты различных служб, как правило, выполняют только с разрешения техника (механика) самолета или вертолета.

10.1.4. Монтажно-демонтажные работы

Эти работы предусматривают применение специальных сортовиков для укладки болтов, винтов и других крепежных деталей, исключающих их потерю в процессе работы. Ящики, как правило, подвешивают с внешней стороны кабины в удобном для работы месте.

10.1.5. Границы опасной зоны

Во время работы двигателя обслуживающему персоналу не следует находиться в опасной зоне, впереди и сзади самолета. Граница опасной зоны устанавливается для каждого самолета индивидуально в зависимости от расположения ГТД, их тяги, наличия форсажных камер, количества двигателей и конструкции воздухозаборников. Чем ближе находится человек к воздухозаборнику самолета при работающем двигателе, тем сильнее действует на него засасывающее усилие.

Во время опробования двигателя обслуживающему персоналу запрещается находиться на самолете вне кабины или производить какие-либо работы, не связанные с опробованием двигателя.

10.1.6. Работа с баллонами, наполненными сжатыми газами

При работе с баллонами, наполненными сжатыми газами, необходимо соблюдать ряд требований:

во избежание разрывов нельзя пользоваться аэродромными или самолетными баллонами, наполненными сжатыми газами, у которых истекли сроки проверки котлонадзором, а также ударять баллоны при погрузочно-разгрузочных работах;

резкое открытие вентилей баллонов может привести к динамическому разрушению элементов заправляемых систем или воспламенению в кислородных системах. Для предотвращения взрыва кислородных баллонов необходимо пользоваться только обезжиренным инструментом и работать в чистых перчатках,

перед отсоединением шланга от штуцера заправки систему предварительно перекрывают вентилем и стравливают давление из шланга, так как при несоблюдении этого требования возможны поломки бортового штуцера и травмы и повреждения наконечником шланга при истечении из него газа.

10.2. РАБОТА С ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕМ И ДРУГИМИ СИСТЕМАМИ САМОЛЕТА

При работе с электрооборудованием самолета с целью обеспечения мер безопасности запрещается:

определять проверкой на искру наличие напряжения в цепи, для этой цели необходимо пользоваться вольтметрами;

оставлять открытыми электрощитки распределительных устройств, коробки реле, коробки контакторов и разъединять штепсельные разъемы;

оставлять бортовую сеть под напряжением, уходя с рабочего места;

включать и выключать источники электроэнергии и проверять электрооборудование при сливе топлива и масла, при течи топлива;

устанавливать аэродромный источник электроэнергии в местах, где имеются подтеки масла и керосина;

отключать и подключать наконечники кабеля у аэродромного источника электроэнергии, когда его розетка включена в бортовую сеть;

пользоваться неисправными переносными лампами, электропаяльниками, неисправными приборами и инструментом;

применять кислотную пайку;

нарушать систему экранировки и металлизации;

присоединять провода в каких-либо местах помимо разъемных или ответвительных коробок;

работать в гондолах шасси, не убедившись, что АЗС «Шасси» выключен, давление в гидросистеме уменьшено, на штоки цилиндров створок шасси поставлены предохранительные хомуты;

выполнять работы по электрооборудованию и радиооборудованию по электросхемам другого номера самолета; все работы выполнять только по электросхемам данного номера самолета, в которых отражены все доработки этих систем на самолете; устанавливать на самолет агрегаты электро- и радиооборудования, предварительно не проверенные на работоспособность и соответствие техническим условиям;

паять провода в отсеках, где расположены топливные баки; оставлять неизолированными свободные концы проводов;

присоединять провода в месте пайки без облуживания концов или без кабельных наконечников;

подключать на одну клемму более трех проводов, а также провода, значительно различающиеся по сечению;

прикреплять электропроводку к съемным агрегатам.

Перед проведением осмотра и выполнением регламентных работ необходимо принять все меры предосторожности, исключающие разряд через людей статического электричества, накопившегося на самолете (в полете или при заправке топлива), падение и зависание грузов, складывание шасси и самопроизвольное включение агрегатов.

10.2.1. Заправка жидким кислородом

Перед заправкой самолетной системы жидким кислородом нужно убедиться, что площадка около самолета в месте стоянки заправщика, а также под самолетом в месте слива кислорода за борт, очищена от пролива масла и керосина. Место слива кислорода за борт от вентиля сброса давления необходимо ограждать легкими переносными загородками или шнуром с вымпелами, натянутым на переносные пирамидки. Эта мера исключит случайное попадание жидкого кислорода на одежду или открытые части тела обслуживающего персонала.

10.2.2. Кислородные ожоги

Жидкий кислород, попадая на тело человека, вызывает сильное обмораживание (ожог), а все органические вещества, пропитанные жидким кислородом, являются до полного испарения кислорода взрывчатыми веществами большой силы и очень легко воспламеняются. Поэтому при заправке жидким кислородом нельзя курить, зажигать спички или подносить любой источник открытого пламени. Нужно следить за тем, чтобы спецодежда специалистов не имела жировых пятен и была чистой.

10.2.3. Работа с кислородом

При эксплуатации кислородного оборудования не допускается: наличие на деталях кислородного оборудования масложировых веществ; работа в масляной одежде; нарушение герметичности кислородных систем; применение для продувки элементов кислородного оборудования газов и жидкостей, не предусмотренных инструкцией, пайка кислородных трубопроводов не предусмотренными для этих целей припоями, устранение негерметичности соединений в кислородных магистралях при наличии в них давления; скручивание кислородных трубопроводов и шлангов. Концентрация кислорода 40 % пожароопасна. Во избежание взрыва в кислородных шлангах запрещается применять перасконсервированные и необезжиренные кислородные шланги. Обезжиренные шланги должны иметь отличительную маркировку — две поперечные голубые полосы.

10.2.4. Агрессивность спецжидкостей

В авиационной технике применяются специальные жидкости и газы, агрессивно действующие не только на кожу, но и на весь организм человека. Некоторые из них взрывоопасны, поэтому при заправке систем необходимо принимать меры безопасности (они изложены в инструкции по эксплуатации или в специальных брошюрах). Пролитые топлива, масла и спецжидкости, испаряясь, оказывают вредное воздействие на людей и создают угрозу пожара при случайном воспламенении. Залитые ими места нужно немедленно засыпать чистым сухим песком, который после впитывания жидкости удаляют. Места, залитые этилированным бензином, обрабатывают хлорной известью или другими дегазационными веществами.

10.2.5. Меры безопасности при заправке топливом и маслом

При заправке топливом и маслом заправочные машины, самолет и заправочные пистолеты заземляют, чтобы исключить возможность искробразования за счет зарядов статического электричества, возникающего при движении топлива по шлангам. Заправочные машины устанавливают таким образом, чтобы удаление их от самолета в случае необходимости происходило по прямой линии без дополнительного маневра. Выхлопные газы двигателей заправочных машин не должны попадать на детали летательного аппарата. Самолет при заправке должен быть обесточен, если это требуется инструкцией по обслуживанию данного типа самолета.

10.2.6. Обслуживание высокорасположенных частей ЛА

Для этих целей применяют только исправные и необледеневшие лестницы и стремянки, имеющие надежно огражденные рабочие площадки. После установки лестниц и стремянок принимают меры, исключающие их самопроизвольное перемещение и скольжение по обледеневшему грунту. Работать на крыле и стабилизаторе можно только с использованием страховочных приспособлений и в специальной мягкой, нескользящей обуви.

10.2.7. Правила работы в топливных баках

При обслуживании топливной системы наибольшую опасность представляют работы, связанные с пребыванием людей в топливных баках. Их могут выполнять только мужчины не моложе 18 лет, допущенные медицинской комиссией и прошедшие инструктаж по технике безопасности.

Перед началом работ бак освобождают от топлива и продувают сжатым воздухом не менее 30 мин. При наличии в баке даже незначительного количества топлива работа внутри него не допускается. Работающий в топливном баке должен иметь чистую спецодежду и обувь, а также пользоваться шланговым противогазом, приемный конец которого выводится в зону чистого воздуха за пределы бака. Использование фильтрующих противогазов и кислородных приборов любой конструкции, как и работа без шлангового противогаза, категорически запрещается.

Запрещается иметь при себе зажигалку, спички, горючие вещества, продукты питания и искрообразующий инструмент. Применяется только омедненный инструмент, не имеющий острых кромок и укладываемый на мягкий коврик.

Для освещения внутри топливного бака применяется лампа взрывобезопасного типа, питающаяся от сети с напряжением 24—36 В. Включение и выключение ее производится только вне бака. Конструктивное оформление вилки шнура должно исключать возможность включения лампы в розетку с напряжением сети 110 В и выше. Применение оголенных проводов вместо вилки не допускается. Провода не должны касаться влажных или горячих поверхностей. Если применяется понижающий трансформатор, то он должен находиться вне бака. При обнаружении неисправности лампы, шнура или трансформатора работу немедленно прекращают.

Во время работы в баке около люка должен присутствовать специалист, следящий за работающим в баке и готовый оказать ему помощь. Если работающий почувствует под маской запах

топлива, он должен немедленно выйти из бака и доложить об этом старшему. Продолжение работ разрешается только после устранения причин проникновения под маску паров топлива.

Рабочий день при работе внутри баков не должен превышать 6 ч. При температуре внутри топливных баков менее 25°С в них работают циклами по 30 мин с часовым перерывом между ними. При температуре 25..40°С время работы в баке сокращается до 15 мин с сохранением продолжительности отдыха. При температуре внутри топливных баков выше 40°С работы в них запрещаются. Удлинять время работы в топливном баке и сокращать перерывы отдыха нельзя ни при каких обстоятельствах.

10.2.8. Проведение работ с шасси и щитками

Подъемники, на которые устанавливают самолеты для выполнения работ по шасси, должны быть исправными. Устанавливать их необходимо опорами под специально предусмотренные детали конструкции самолета. Поднимать самолет на подъемники можно только после проверки, особенно зимой, их крепления на поверхности земли. Невыполнение этих условий может привести к деформации конструкции и падению самолета.

Проверочные работы по уборке и выпуску шасси, а также посадочных и тормозных щитков проводят по предупредительным командам: «От шасси!», «От щитков!» и др. При этом уборку и выпуск шасси и щитков производят только после ответной команды: «Есть от шасси» или «Есть от щитков».

При работе в отсеке тормозных щитков во избежание их неожиданной уборки предварительно стравливают давление в гидросистеме и отключают электропитание, а переключатель щитков устанавливают в положение «Выпущено». При убранном шасси и нахождении авиационной техники на подъемниках не допускается проведение каких-либо работ, не связанных с контролем за работоспособностью и плотностью прилегания щитков шасси.

10.3. РАЗМЕЩЕНИЕ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ НА АЭРОДРОМАХ

Аэродром представляет собой сложный инженерно-технический комплекс. Рельеф поверхности аэродрома должен быть ровным, с плавным переходом уклонов. Длину и ширину ВПП и рулежных дорожек устанавливают в зависимости от типов самолетов, базирующихся на аэродромах. Для размещения самолетов и вертолетов на аэродромах предусмотрены места

стоянок с бетонированной поверхностью, которые располагают на расстоянии не менее 50 м от ангаров и служебно-бытовых зданий, 75 м от складов с легковоспламеняющимися и горючими жидкостями и 500 м от жилых зданий. Места стоянок оборудуют приспособлениями для крепления самолетов и вертолетов; приспособлениями для их заземления; противопожарными средствами; устройствами для глушения шума двигателей; устройствами, предупреждающими разливание топлива на большие площади и т. д.

Примечание. Современные реактивные самолеты, имеющие большую удельную нагрузку на крыло, как правило, не швартуются, но упорные (тормозные) колодки под колеса этих самолетов устанавливаются, что значительно увеличивает момент сопротивления развороту. Для некоторых самолетов устанавливаются парные колодки (спереди и сзади колеса), скрепляемые тендерами. В таких случаях при стоянке на грунте момент сопротивления развороту увеличивается примерно в 4 раза по сравнению с моментом при стоянке самолета без колодок.

Самолеты на местах размещаются в один или два ряда. Расстояние между рядами самолетов должно быть не менее трех размахов крыльев или длины фюзеляжа данного типа самолета. Интервалы между плоскостями смежных самолетов должны быть не менее 2 м для самолетов с одним двигателем, 3 м для самолетов с двумя двигателями, 5 м для самолетов с четырьмя и более двигателями.

Расстояния между осями винтов вертолета должны быть не менее двух диаметров несущего винта. Это же расстояние выдерживается во всех случаях при работающих несущих винтах. Лопастей несущих винтов вертолетов устанавливают так, чтобы ни одна из них не находилась под хвостовой балкой или фюзеляжем вертолета. Стопорение рулей, элеронов и шварттовку лопастей несущих винтов производят в соответствии с инструкцией по эксплуатации.

10.3.1. Ангарное хранение

В ангар разрешается ввод самолетов только с неработающими двигателями и со снятыми аккумуляторами. В ангаре расстояние между крайними частями смежных самолетов должно быть не менее 1 м, а проходы у стен и ворот ангара — шириной не менее 1 м. Расположение самолетов в ангаре должно допускать беспрепятственный поочередный вывод их из ангара без сложных разворотов.

10.3.2. Оборудование специальных площадок

Для контроля и проверки работоспособности и точности работы радиоэлектронного оборудования авиационной техники на территории аэродрома оборудуется специальная пло-

шадка, позволяющая производить точную установку самолета в линию полета, юстировку радиоэлектронного оборудования, калибровку дальности, проверку работоспособности. На этой же площадке (девянационном круге) производится устранение (списание) девнации магнитных (гиромагнитных) компасов и радиокомпасов.

10.3.3. Рабочие места, места хранения имущества и опробования ГТД

Порядок размещения рабочих мест, инструмента, верстаков, наземного оборудования, капотов и чехлов на стоянках самолетов устанавливает инженер. На территории аэродрома, отведенной для стоянки самолетов, оборудуют места для хранения авнационного имущества, резервуары для сбора отстоя топлива и отработанного масла, устанавливают ящики для сбора использованной ветоши и места для курения.

Во избежание повреждения самолета и двигателя посторонними предметами при опробовании двигателя и выруливании места стоянок тщательно подметают, грунт поливают водой, а снег убирают или утрамбовывают. Оборудуются также специальные площадки и стенки для опробования двигателей.

В районе с жарким климатом, высокой температурой воздуха и резкими колебаниями ее в течение суток и пыльными бурями следует соблюдать некоторые особенности при организации и оборудовании стоянок и рабочих мест технического состава. В этих условиях необходимо обеспечить личный состав питьевой водой, оборудовать вблизи основных рабочих мест душевые установки и укрытия от солнечной радиации в виде навесов и тентов. Места стоянок самолетов и площадки предварительного старта для уменьшения запыленности самолетов нужно выбирать с учетом направления ветра, характера и состояния грунта аэродрома. Регламентные и ремонтные работы, связанные с разборкой и сборкой агрегатов, выполняют в тщательно закрытых помещениях с соблюдением всех мер по предупреждению запыления и загрязнения деталей.

10.4. ДЕЙСТВИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА В ОСОБЫХ СЛУЧАЯХ НА ЗЕМЛЕ

10.4.1. Особые случаи

При подготовке авнационной техники к полетам и во время их проведения, особенно при обучении молодых летчиков, возникают ситуации, когда инженерно-технический состав должен принимать срочные меры по ликвидации последствий неисправностей, их принято называть **особыми случаями**. К ним

относятся: выкатывание самолета при пробеге за пределы ВПП; самовыключение двигателя при разбеге, пробеге и рулении; посадка самолета на ВПП или вне с убранными шасси; складывание или подлом шасси при пробеге, разбеге, рулении; порыв покрышек шасси при пробеге, разбеге и рулении самолета; вынужденная посадка самолета с грузами и пассажирами; пожар на самолете, на земле при запуске двигателя или при других обстоятельствах; стихийные бедствия — шторм, наводнение, пожар на аэродроме и др.

10.4.2. Техническая помощь

Для принятия необходимых мер в особых случаях на некоторых аэродромах назначаются команды технической помощи. В распоряжение команды выделяются: средства буксировки неисправных самолетов; подъемные приспособления для выполнения работ с шасси; противопожарное имущество; средства запуска двигателя; запасные части самолета: шанцевый и бортовой инструмент. В необходимых случаях выделяется трактор с тросом и салазками на прицепе, на которых находятся падувные мешки для подъема самолета, ломы, топоры, лопаты, а также тягач с буксировочными приспособлениями, комплектами колес, подъемников, заглушек на всасывающие каналы и реактивные сопла, бортовым инструментом, баллоном с воздухом (азотом) и с двумя—тремя противопожарными баллонами.

10.4.3. Выкатывание за ВПП

Чаще всего происходят случаи выкатывания самолетов за пределы ВПП вследствие перегрева или неисправности тормозов, невыпуска или обрыва тормозного парашюта, отказа в системе посадочных щитков (закрылков) или по причине плохого расчета на посадку. В большинстве случаев, особенно при рыхлом грунте, выкатывающийся за пределы ВПП самолет буксируют автотягачом в сторону от ВПП, а затем устраняют возникшую неисправность. Особую осторожность соблюдают при буксировке самолета с неисправными тормозами во избежание столкновения его с тягачом или другими препятствиями.

10.4.4. Самовыключение двигателя

Имеют место случаи самовыключения двигателя на рулении, при посадке или взлете. Наиболее опасно самовыключение двигателя на взлете (для однодвигательного самолета), особенно во второй половине разбега. Для предотвращения разрушения самолета и сохранения жизни экипажа и пассажиров может приниматься решение на уборку шасси. Для срочной

уборки самолета с ВПП используется трактор. Специалист-прицепщик троса должен хорошо знать расположение узла аварийной буксировки, а концы троса должны быть приспособлены для сцепки.

10.4.5. Отказ тормозов

К самолету, у которого на пробеге (и реже при рулении) отказывает тормозная система, вызывается автотягач. Чаще тормозная система становится малоэффективной из-за перегрева деталей тормозной системы. Если на самолете установлены камерные тормоза, то при высокой температуре на трущихся поверхностях материала тормозных колодок образуется коксообразный налет, который резко снижает коэффициент трения.

Высокие температуры являются причиной появления негерметичности в резиновых камерах тормозной системы. В условиях повышенных температур тормозные системы с металлическими дисками работают более надежно. Во время учебных полетов при высоких температурах окружающего воздуха необходимо больше внимания уделять самолетам, выполняющим полеты по кругу, так как у этих самолетов наиболее вероятны случаи отказа тормозной системы из-за перегрева тормозов.

10.4.6. Посадка с невыпущенными шасси

Довольно редко встречаются случаи посадки самолетов с невыпущенными шасси на ВПП или вне аэродрома. Однако надо быть готовым к ликвидации последствий такой посадки. Если ВПП с бетонированным покрытием, то при посадке на нее самолета с убранными шасси не исключена возможность возникновения пожара из-за разрушения топливных баков. В этом случае принимаются срочные меры по спасению пассажиров и экипажа (не исключена возможность заклинивания фонарей кабин или крышек аварийных люков) и тушению пожара. Для спасения пассажиров и членов экипажа могут понадобиться приспособления — ломы, топоры для вскрытия обшивки и разрушения остекления фонаря кабины. Целесообразно использовать воздушные или электрические дрели с дисковыми фрезами, позволяющие быстро и без особой опасности для спасаемых вскрыть обшивку или разрушить остекление фонарей кабин в случае их заклинивания.

10.4.7. Тушение пожара

При организации тушения пожара нужно оценить степень опасности возникновения взрыва и принять меры предосторожности для команды, участвующей в тушении. Если

пожар распространяется внутри всасывающих каналов или в отсеке двигателя, то закрывают заглушками всасывающий канал и реактивное сопло и через один из люков осмотра двигателя подводят углекислоту или противопожарную жидкость. Нужно также включить самолетные противопожарные средства тушения пожара, если они не были задействованы. Когда обстановка во время полетов требует немедленного удаления горящего самолета с ВПП, принимают меры к аварийной буксировке самолета.

Иной раз существующими средствами потушить пожар не удастся, тогда после спасения пассажиров и членов экипажа принимают решение об отходе личного состава от горящего самолета во избежание возможных несчастных случаев в результате взрыва топливных баков и кислородных баллонов.

10.4.8. Подъем самолета с убранными шасси

Почти все посадки самолетов на грунт с убранным шасси заканчиваются незначительными повреждениями. Основная задача заключается в подъеме самолета и установке его на самолетные подъемники. Поднимают самолет одним из следующих способов: автокраном или вертолетом; пневматическими мешками; путем выкапывания траншей под ногами шасси; выпуска шасси и вывода самолета из профилированной траншеи (применяется редко).

Технология крепления и подъема. Наиболее трудоемок способ подъема краном. Применяя его, необходимо оценить, как изменилось положение центра тяжести самолета с убранным шасси при имеющемся остатке топлива в баках. Если имеется возможность, то целесообразно перекачать топливо в баки, близко расположенные к центру тяжести, или слить из топливной системы.

Тросовую подвесную систему крепят к главным силовым элементам крыла или специальным рым-болтом. Для страховки от переверачивания можно подвести тросы подвесной системы к болтам стыковки хвостовой и носовой частей фюзеляжа.

10.4.9. Самопроизвольная уборка шасси

Случай складывания или уборки шасси на пробеге, разбеге, рулении — явление редкое и в большинстве своем связано с несоблюдением инструкции по технической эксплуатации данного типа самолета или неисправностью в системе фиксирования шасси в вывешенном положении. Если, не дождав-шись увеличения давления в гидросистеме после выпуска шасси, перевести край шасси в нейтральное положение, то возникнет самопроизвольная уборка шасси на пробеге. Обычно она начи-

нается с уборки передней ноги шасси, поэтому предотвратить ее можно экстренным передвижением крана шасси в положение «Выпущено».

10.4.10. Порывы и износ пневматиков

Во время полетов необходимо всегда быть готовым к замене колес шасси из-за повреждения авиашин. Чаще всего они разрушаются при эксплуатации самолетов на аэродромах, имеющих металлическое покрытие ВПП и рулежных дорожек. Вследствие неграмотного пользования тормозной системой на ВПП с бетонированным покрытием полос и дорожек выработка покрышек проявляется в виде глубоких лысок.

Если самолет с негерметичной авиационной шиной остановился на полосе с искусственным покрытием и является помехой для проведения полетов, его следует осторожно отбуксировать на грунт. При замене колеса обращают внимание на состояние полуоси и «ноги» шасси в целом, на узлы ее подвески и соединения с цилиндром уборки—выпуска.

10.4.11. Стихийные бедствия

При возникновении пожара на самолете из зоны стоянки или заправочной линии необходимо срочно убрать другие самолеты (или горящий самолет), удалить их (его) на безопасное расстояние и одновременно принять меры по тушению пожара. При стихийном бедствии на аэродроме (пожар, ураган, наводнение) весь личный состав прибывает на аэродром и по указанию старшего принимает участие в спасении авиационной техники.

10.4.12. Выход самолета за пределы установленных ограничений

Во время проведения испытаний не исключены случаи непроизвольного выхода самолета за пределы установленных ограничений. Причины могут быть разные:

невывявленные ранее недостатки в характеристиках устойчивости и управляемости;

неправильное подсоединение систем к системе управления;

отсутствие навыков в пилотировании самолета при выполнении периодических проверок, таких как проведение испытаний на проверку АУ АСП, достижение максимального скоростного напора $q_{\max \max}$ эксплуатационных перегрузок n^2y ;

внезапно ухудшившиеся метеоусловия (боковой порыв ветра);

посадка с большой вертикальной скоростью по разным непредвиденным причинам может привести к «грубой посадке», выкатыванию самолета за пределы ВПП и др.

Возникает вопрос: как выяснить, не привели ли повышенные перегрузки к остаточным деформациям конструкции самолета? Для ответа на него выполняют контрольную нивелировку самолета, полученные данные сравнивают с результатами нивелировки, выполненной перед началом летных испытаний, и по разнице измеренных величин судят о состоянии конструкции.

В случае «грубой посадки» или выкатывания самолета за пределы ВПП проводят контрольные уборки шасси в соответствии с существующими инструкциями и технологическими методиками на проверку шасси. Сравнивают полученные результаты с замеренными до первого полета и делают вывод о возможности появления остаточных деформаций. Иногда после полета летчик делает замечания о повышении трения или появлении зон нечувствительности (люфтов) в системах управления самолетом или двигателем. В таких случаях также выполняется контрольная проверка и сравнение полученных данных с аналогичными данными, полученными перед первым полетом.

II. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ НА ЛИС

II.1. РАСЧЕТ ПРОГРАММЫ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Первым этапом технико-экономического планирования является расчет производственной программы на планируемый период, которая должна определить:

- количество планируемых самолетов в год;
- количество планируемых полетов по видам испытаний;
- общее количество полетов на планируемый период;
- продолжительность полетов по видам испытаний;
- общую продолжительность полетов на планируемый период;
- грузоёмкость работ по видам испытаний;
- общую трудоёмкость работ на планируемый период.

Количество полетов, планируемых на статочные испытания, можно рассчитать по формуле

$$P_{\text{ст.исп}} = N K_1 \dot{I}_{\text{повт}}, \quad (II.1)$$

где N — программа выпуска самолетов в год (цифра дается профилирующей кафедрой или определяется по статистическим данным в зависимости от типа самолета или серийности выпуска данного типа самолетов);

K_1 — количество статочных полетов, планируемых на каждый самолет, принимается равным 2—4;

$\dot{I}_{\text{повт}}$ — коэффициент повторности статочных испытаний, принимается равным 1,05...1,08.

Количество полетов, планируемых на контрольно-приемные испытания, определяется как

$$П_{кпп} = N K_2 \dot{f}_{\text{повт кпп}}, \quad (11.2)$$

где K_2 — количество контрольно-приемных полетов, планируемых на каждый самолет, принимается равным 1—2; $\dot{f}_{\text{повт кпп}}$ — коэффициент повторности контрольно-приемных полетов, принимается равным 1,08...1,15.

Количество полетов, планируемых на периодические испытания, принимается равным

$$П_{\text{период исп}} = N K_3 \dot{f}_{\text{повт период исп}}, \quad (11.3)$$

где K_3 — количество периодических полетов, планируемых на периодические испытания, принимается равным 1—2 и более, что зависит от типа и назначения самолета, оригинальности, новизны решения его систем и агрегатов и их надежности;

$\dot{f}_{\text{повт период исп}}$ — коэффициент повторности периодических испытаний, принимается равным 1,01...1,02.

Количество полетов, планируемых на специальные испытания, можно определить как

$$П_{\text{спец исп}} = \frac{N}{100 \dots 150} \dot{f}_{\text{повт спец исп}}, \quad (11.4)$$

где $\dot{f}_{\text{повт спец исп}}$ — коэффициент повторности полетов при специальных испытаниях, принимается равным 1,01 ... 1,02.

Общее количество полетов на планируемый период

$$\Sigma П = П_{\text{сд исп}} + П_{\text{кпп}} + П_{\text{период исп}} + П_{\text{спец исп}}. \quad (11.5)$$

Количество полетов, приходящихся на один самолет,

$$П = \Sigma П / N. \quad (11.6)$$

Продолжительность слаточных испытаний можно определить по формуле

$$T_{\text{сд исп}} = П_{\text{сд исп}} t_{\text{ср прод сд исп}}, \quad (11.7)$$

где $t_{\text{ср прод сд исп}}$ — средняя продолжительность проведения слаточных испытаний одного самолета.

Продолжительность контрольно-приемных испытаний

$$T_{\text{кпп}} = П_{\text{кпп}} t_{\text{ср прод кпп}}, \quad (11.8)$$

где $t_{\text{ср прод кпп}}$ — средняя продолжительность контрольно-приемных испытаний одного самолета.

Продолжительность периодических испытаний

$$T_{\text{период исп}} = P_{\text{период исп}} t_{\text{ср прод период исп}}, \quad (11.9)$$

где $t_{\text{ср прод период исп}}$ — средняя продолжительность периодических испытаний одного самолета.

Продолжительность специальных испытаний

$$T_{\text{спец исп}} = P_{\text{спец исп}} t_{\text{ср прод спец исп}}, \quad (11.10)$$

где $t_{\text{ср прод спец исп}}$ — средняя продолжительность специальных испытаний одного самолета.

Продолжительность испытаний, приходящихся на один самолет,

$$B_1 = \Sigma T / N. \quad (11.11)$$

Средняя продолжительность сдаточных, контрольно-приемных, периодических и специальных испытаний на один самолет может быть взята по месту прохождения практики. Для среднемагистральных пассажирских самолетов ее ориентировочно можно принять: сдаточные испытания — 10...12 ч, контрольно-приемные испытания — 5...6 ч, периодические испытания — 2...3 ч и более, специальные испытания — 50...100 ч и более.

11.2. ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЛЕТНЫХ ИСПЫТАНИЙ

В качестве одного из общих показателей эффективности целесообразно принять коэффициент эффективности использования времени, характеризующий объем полезной работы, выполняемой в единицу времени,

$$\eta_1 = P_{\text{пр}} / T, \quad (11.12)$$

и его удельное значение (отнесенное к условному количеству самолетов, находящихся на испытаниях в течение всего срока их проведения)

$$\eta = \frac{\eta_1}{t_{\text{исп}} n_{\text{ис}}}, \quad (11.13)$$

где $P_{\text{пр}}$ — общее количество полетов по программе, необходимое для определения потребного объема тех или иных характеристик летательного аппарата, на рассматриваемом этапе или при проведении определенного вида испытаний;

T — продолжительность проведения этого же этапа или вида испытаний;

$n_{\text{исп}}$ — общее количество летательных аппаратов, участвующих в испытаниях;

η_c — коэффициент использования самолетов — относительное среднее время нахождения одного самолета на испытаниях.

Для оценки влияния наиболее существенных из перечисленных факторов на продолжительность испытаний используется ряд частных показателей. Факторы, отнесенные к первой группе, характеризуют сложность и новизну ЛА, уровень предварительной проработки, качество проектирования и отработки систем и др., они же оказывают влияние на продолжительность летных испытаний вследствие дополнительных затрат времени и полетов (помимо программных полетов) при выполнении и проверке результатов доработок, устранении дефектов, повторении незачетных программных полетов. В качестве основных показателей для оценки влияния факторов данной группы целесообразно использовать коэффициент отработочных полетов

$$K_{отр} = \Pi_{отр} / \Pi_{пр} \quad (11.14)$$

и коэффициент зачетности программных полетов

$$K_{зач} = \frac{\Pi_{пр}}{\Pi_{отр} + \Pi_{пр} \eta_{пр}} \quad (11.15)$$

где $\Pi_{отр}$ — количество полетов, выполненных для проверки произведенных в процессе испытаний соответствующих доработок;

$\Pi_{пр}$ — количество полетов, выполняющихся по программе испытаний, но незачетных вследствие имевших место отказов систем, агрегатов и элементов.

Влияние же уровня технической подготовки на продолжительность летных испытаний определяют в общем случае количеством дополнительных полетов $\Pi_{тп}$, включающих повторные полеты для оценки мероприятий по устранению выявленных дефектов, незачетных полетов из-за ошибок наземных и летных экипажей, недостатков в организации и т. п. В качестве показателя уровня технической подготовки целесообразно принять коэффициент технических полетов, равный отношению

$$K_{тп} = \Pi_{тп} / \Pi_{отр} \quad (11.16)$$

Основной задачей рациональной организации летных испытаний (при условии, что их продолжительность является определяющей характеристикой, что весьма важно с точки зрения экономии топлива) является выполнение необходимого объема наземных и летных работ за минимальное время. Исходя из этого, для характеристики уровня организации испытаний выбирают следующие показатели:

коэффициент интенсивности полетов

$$K_{и} = \Pi_{\Sigma} / T_{\Sigma}, \quad (11.17)$$

коэффициент использования времени

$$\eta_{\text{в}} = T_{\text{пол}} / T_{\Sigma}, \quad (11.18)$$

коэффициент использования полетов

$$K_{\text{нп}} = 1 - (P_{\text{доп}}/P_{\Sigma}), \quad (11.19)$$

коэффициент использования самолетов

$$\eta_{\text{с}} = T_{\Sigma} / T. \quad (11.20)$$

В выражениях (11.17) — (11.20) P_{Σ} — общее количество полетов, выполняемых на рассматриваемом этапе испытаний; T_{Σ} — временной объем испытаний, т. е. суммарное количество самолето-дней (ч), затраченное на проведение данного этапа испытаний; $T_{\text{пол}}$ — полезное время испытаний; $P_{\text{доп}}$ — количество полетов, непосредственно не связанных с задачами летных испытаний (тренировочные полеты, перебазирование на другие аэродромы и т. п.).

Связь удельного коэффициента эффективности использования времени с частными показателями определяется выражением

$$\eta_{\Sigma} = \frac{K_{\text{н}} K_{\text{нп}}}{1/K_{\text{зач}} + K_{\text{отр}} + K_{\text{тп}}}. \quad (11.21)$$

Продолжительность летных испытаний в зависимости от их объема, числа участвующих ЛА и показателей η_{Σ} , $\eta_{\text{с}}$ можно определить по формуле

$$T_{\text{л}} = P_{\text{пр}} / \eta_{\Sigma} \eta_{\text{с}} \eta_{\text{исп}}. \quad (11.22)$$

11.3. РАСЧЕТ ТРУДОЕМКОСТИ РАБОТ

Исходя из количества и продолжительности испытательных полетов, типа самолета, технологического процесса подготовки самолета к полетам и анализа статистических данных, ориентировочно трудоемкость на один среднемагистральный пассажирский самолет по всем службам можно принять 3000...5000 п/ч. (табл. 11.1).

11.4. РАСЧЕТ ФОНДОВ ВРЕМЕНИ

На ЛИС предприятий авиационной промышленности установлены следующие режимы работы: при нормальных условиях труда по 41-часовой неделе, при вредных условиях труда по 36-часовой неделе, количество недель в году — 52. Для технико-экономического планирования следует брать не режимный,

Таблица 11.1

Суммарная трудоемкость по разделам

Наименование специальностей	Разряды			Суммарная трудоем- кость, н/ч
	3	4	5	
Мотористы	132	139	169	440
Планисты и специалисты по управлению самолетом	242	289	329	860
Специалисты по навигацион- ному оборудованию	313	310	437	1060
Радисты	196	211	273	680
Электрики	196	211	273	680
Прибористы	117	262	286	665
Специалисты по бытовому обо- рудованию	150	275	230	655
Другие специальности	34	58	68	160
Итого:	1380	1755	2065	5200

а действительный (расчетный) фонд времени работы оборудо-
вания и рабочих (табл. 11.2).

Таблица 11.2

Действительный годовой фонд времени

Продолжи- тельность отпуска, дни	Режимный фонд времени, ч	Потери от режим- ного фонда, %	Действи- тельный годовой фонд вре- мени, ч
15	2070	10	1860
18	2070	11	1840
21	2070	12	1820
24	2070	13	1800

При расчете фондов времени работы оборудования учиты-
вается время нахождения оборудования в ремонте и на профи-
лактических работах. При этом режимный фонд времени работы
оборудования равен режимному фонду времени рабочих, умно-
женному на число смен в сутки работы оборудования. Действи-
тельный (расчетный) фонд времени работы оборудования опре-
деляется по формуле

$$\Phi_{до} = \Phi_{нт} (1 - (K_{об}/100)), \quad (11.23)$$

где Φ_n — режимный (нормальный) фонд времени работы оборудования;

m — число смен работы оборудования, ч;

$K_{об}$ — процент потерь времени на ремонт и профилактику оборудования.

Ориентировочно значение $K_{об}$ можно принять 10..15%.

11.5. РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА ОБОРУДОВАНИЯ

11.5.1. Расчет количества испытательных стендов

Количество испытательных стендов, потребных для проведения комплексных испытаний в течение года, можно определить так:

$$n = \Sigma B / \Phi_{\text{д исп ст.}} \quad (11.24)$$

где $\Phi_{\text{д исп ст}}$ — действительный годовой фонд времени работы испытательного стенда, стендо-час.

11.5.2 Определение состава оборудования

Количество и номенклатура оборудования определяется в зависимости от типа самолета, вида испытаний и параметров испытываемых систем. В каждом конкретном случае оно должно соответствовать требованиям технических описаний самолета, инструкции по эксплуатации и технических условий на поставку самолетов (табл. 11.3).

Таблица 11.3

Оборудование, применяемое на ЛИС серийного предприятия

Наименование оборудования	Количество оборудования	Стоимость единицы, руб.	Стоимость комплекта
Гидроподъемники:			
крыльевые		500..700	
хвостовые		300..400	
передние		150..200	
УПГ — 300		58500	
Компрессорная установка на машине		25800	
Кислородозаправщик АҚЗС-75М		15600	
Водозаправщик АС-155		7000	
Автобус		6500	
Маслозаправщик		5500	
Моечная машина АС-157		8400	
Автотягач КРАЗ-214		6450	
Аэродромный кондиционер		7125	

Окончание табл. 11.3

Наименование оборудования	Количество оборудования	Стоимость единицы, руб.	Стоимость комплекта
Подогреватель МП-300		6450	
Снегоуборочная машина		4830	
Генератор АГПС-35		4000	
Преобразователь ПС-35		1650	
Выпрямитель НВС-40		6100	
Гидростенд		8000	
Тара для масла		200	
Стремянки для планера		200	
Стремянки для двигателей		90	
Припособление для консервации двигателей		150	
Стенд отработки топл. системы		1932	
Электрокар		600	
Мототележка		800	
Стационарное питание		1820	
Водило и др.		200	
Итого:			

11.6. РАСЧЕТ ЧИСЛЕННОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПЕРСОНАЛА

Для расчета необходимо иметь следующие данные:
 программа выпуска изделий в год;
 трудоемкость на самолет — по технологическим группам, п/ч;
 процент неиспользованного рабочего времени;
 коэффициент выполнения норм;
 продолжительность рабочего дня;
 продолжительность рабочей недели;
 число смен;
 количество рабочих дней.

11.6.1 Количество рабочих, занятых на нормируемых работах

В состав входят производственные, вспомогательные рабочие, ИТР, летный состав, конторский, счетно-хозяйственный и обслуживающий персонал

Количество производственных (основных) рабочих (чел.) определяемой профессии и разряда рассчитывается по формуле

$$n = t_i N K_{\text{нз п}} / \Phi_{\text{действ}} K_{\text{вн}}, \quad (11.25)$$

где t_i — трудоемкость по каждой технологической группе, н/ч;

N — программа выпуска самолетов в год;

$\Phi_{\text{действ}}$ — действительный годовой фонд времени рабочего;

$K_{\text{вн}}$ — средний коэффициент выполнения норм (принимается равным 1,1...1,2);

$K_{\text{нз п}}$ — коэффициент незавершенного производства, берется по материалам преддипломной практики.

Результаты расчета целесообразно свести в табл. 11.4.

Т а б л и ц а 11.4

Расчет количества производственных рабочих

Профессия (специальность)	Количество рабочих по разрядам			Итого	Сред- ний разряд	Процент от общего числа
	3	4	5			

Исходя из трудоемкости, количества производственных рабочих и программы выпуска самолетов в год принимают количество комплексных стартовых бригад (обычно 2—3) и количество участков по специальностям (обычно 5—6).

11.6.2. Численность ИТР и фонда заработной платы

Численность ИТР определяется по штатному расписанию в зависимости от количества производственных рабочих и профиля работы ЛИС (табл. 11.5).

Таблица П.5

Перечень подразделений ЛИС и должности ИТР

Подразделение	Должность	Количество	Оклад	Премия	Общая сумма
Руководство Производство	Начальник ЛИС Заместитель начальника по производству Ведущий инженер Старший мастер (нач. участка) Начальник лаборатории Мастер Инженеры по специальностям				
Плано-диспетчерское бюро	Начальник ПДБ Экономист Диспетчер Планировщик				
Подготовка производства	Заместитель начальника по подготовке Начальник технологического бюро Старший инженер-технолог Инженер-технолог Механик Мастер				
Летно-экспериментальная группа	Начальник ЛЭГ Ведущий инженер по летным испытаниям Инженер-расчетчик Инженер по электро-радиоспецоборудованию Техник-приборист				
Летная часть (летный экипаж)	Старший летчик Летчик 1-го класса Летчик 2-го класса Штурман 1-го класса Бортинженер Бортрадист Врач Медсестра Начальник ПДС Инструктор ПДС				

Окончание табл. 11.5

Подразделение	Должность	Количество	Оклад	Премия	Общая сумма
Бюро технического контроля	Начальник БТК Старший контрольный мастер Контрольный мастер Инженер по анализу дефектов				
Другие подразделения					
Всего ИТР по цеху ЛИС					
Итого: Фонд зарплаты по тарифу за год Премияльный фонд в размере, % Общий фонд зарплаты за год					

11.6.3. Численность конторско-счетного персонала и фонда заработной платы

Состав и численность конторско-счетного персонала определяется по штатному расписанию. В цехе ЛИС к КСН следует отнести следующие должности (табл. 11.6).

Таблица 11.6

Конторско-счетный персонал ЛИС

Должность	Количество	Оклад, руб.	Премия, %	Общая сумма, руб.
Табельщица Секретарь-машинистка Инструктор технической документации				
Итого: Премияльный фонд за год Общий фонд зарплаты за год				

11.6.4. Численность вспомогательных рабочих и младшего обслуживающего персонала

Расчет производится согласно данным, приведенным в работе [13]. Примерный перечень профессий вспомогательных

рабочих и младшего обслуживающего персонала для ЛИС приведен в табл. 11.7.

Таблица 11.7

Численность вспомогательных рабочих

Профессия вспомогательных рабочих	Количество мест	По разрядам				Премия, %
		2	3	4	5	
Слесарь выдачи инструментов						
Электромонтер						
Слесарь группы механика						
Газосварщик						
Токарь						
Испытатель приборов						
Контролер						
Лаборант ГСМ						
Столяр						
Распределитель						
Рабочий склада ГСМ						
Контролер документации						
Кладовщик						
Выдаватель инструмента						
Уборщица						
Всего по ЛИС:						

Результаты всех расчетов целесообразно свести в табл. 11.8.

Таблица 11.8

Сводная таблица всех работающих на ЛИС

Наименование	Количество	Средняя зарплата	Годовой фонд	Годовой фонд ≈ 18,3—30 % страховых начислений
Производственные рабочие				
Вспомогательные рабочие				
ИТР				
КСИ				
МОП				

11.7. РАСЧЕТ ФОНДОВ ЗАРАБОТНОЙ ПЛАТЫ

11.7.1. Заработная плата основных производственных рабочих

Форма оплаты труда основных производственных рабочих — повременно-премиальная по тарифной сетке для работ с особо тяжелыми и особо вредными условиями труда. Премия выплачивается по показателям премирования до 40% от основной заработной платы. Размер месячной заработной платы рабочего определяется по формуле

$$Z_{\text{м.раб}} = r_{\text{ч}} D_{\text{ф}} \left(1 - \frac{P_{\text{пр}}}{100} + \frac{P_{\text{доп}}}{100} \right). \quad (11.26)$$

где $r_{\text{ч}}$ — повременная часовая тарифная ставка рабочего;
 $D_{\text{ф}}$ — фактически отработанное за месяц время;
 $P_{\text{пр}}$ — размер премии за выполнение показателей плана;
 $P_{\text{доп}}$ — размер предусмотренных доплат (выполнение сверхурочных работ, работ в ночное время и т. д.).

Полученные данные целесообразно свести в табл. 11.9.

Таблица 11.9

Сводная таблица всех производственных рабочих

Наименование категории рабочих	Количество	Средняя зарплата	Годовой фонд	Годовой фонд + 18,3% страховых начислений

11.7.2. Заработная плата вспомогательных рабочих и рабочих с повременной оплатой труда

Фонд прямой заработной платы вспомогательных рабочих определяется в зависимости от разряда, вида оплаты труда с учетом отработанного времени.

Прямой (тарифный) фонд заработной платы рабочих-повременщиков определенной профессии, находящихся на почасовой оплате, составляет

$$Z_{\text{ч}} = P_{\text{сп}} \Phi_{\text{д}} r_{\text{сп}}, \quad (11.27)$$

где $P_{\text{сп}}$ — списочное количество рабочих данной профессии;

Φ_d — годовой действительный фонд времени, ч;

r_{cp} — средняя часовая ставка по данной группе рабочих.

Некоторым группам вспомогательных рабочих разряды не присваиваются, и труд их оплачивается по месячным должностным окладам [13]. Причем на работах с вредными условиями оклады повышаются на 10%. При расчетах целесообразно использовать табл. 11.7, 11.9.

11.7.3. Заработная плата ИТР, КСХ, МОП

Труд ИТР, КСХ, МОП оплачивается по месячным окладам. Должностные оклады этих категорий работающих приведены в работе [13]. Причем на работах с вредными условиями и на горячих работах оклады повышаются на 10%. При расчетах целесообразно использовать табл. 11.5, 11.6. Все полученные данные необходимо свести в табл. 11.8.

11.8. РАСЧЕТ ПЛОЩАДЕЙ ЛИС

Вся площадь ЛИС делится на производственную, девиационный круг, места для отработки специальных систем самолета: топливной, радиолокационной и др., а также рулежные дорожки, вспомогательную, складскую, административно-техническую, бытовую и пр. При компоновке цеха производственная площадь определяется по нормативам удельных площадей на единицу оборудования или одно рабочее место. Отработочная площадка ЛИС является рабочим местом по отработке систем и агрегатов изделия и самого изделия в целом. Она представляет собой бетонированную площадку, на которой размещаются самолеты и все необходимое оборудование для обслуживания и наземных испытаний систем и агрегатов. Размеры отработочной площадки определяются габаритными размерами самого испытываемого самолета. Определение количества отработочных площадок производится по формуле

$$n_p = N t_i / \Phi_d Q K_{нн}, \quad (11.28)$$

где N — программа выпуска самолетов в год;

t_i — трудоемкость единицы продукции, и/ч;

$K_{нн}$ — коэффициент выполнения норм;

Φ_d — действительный (расчетный) фонд времени работы оборудования,

$$\Phi_d = \Phi_n m (1 - (K_{об}/100)), \quad (11.29)$$

где Φ_n — режимный (номинальный) фонд времени работы оборудования;

m — число смен работы оборудования;

$K_{об}$ — % потерь времени на ремонт оборудования.

В формуле (11.28) Q — количество одновременно работающих на одном самолете:

$$Q = n_{яв} / a n c_1, \quad (11.30)$$

где $n_{яв}$ — явочное количество производственных рабочих,

$$n_{яв} = n K_{яв}, \quad (11.31)$$

здесь n — количество производственных рабочих;

$$K_{яв} = 0,9;$$

a — количество бригад;

c_1 — количество одновременно обслуживаемых изделий.

Далее определяется ритм выпуска самолетов:

$$R = \Phi_d / N. \quad (11.32)$$

Для проверки числа отработочных площадок определяется цикл отработки самолета

$$\text{Ц} = t / Q K_{вп}, \quad (11.33)$$

тогда число отработочных площадок можно проверить так:

$$n_p = \text{Ц} / R. \quad (11.34)$$

Помимо расчетных отработочных площадок ЛИС необходимо предусмотреть запасные площадки для стоянки самолетов, а также площадки для готовых, принятых заказчиком самолетов.

Имея размеры самолета и количество площадок, производят планировку и определяют общую площадь цеха, в том числе производственную площадь, девятиугольный круг, места для отработки специальных систем самолета, топливной, радиолокационной и др., рулежные дорожки. В табл. 11.10 приведены ориентировочные данные производственных площадей ЛИС.

Т а б л и ц а 11.10

Производственные площади ЛИС

Наименование площадей	Площадь, м ²
Производственная площадка	40000...60000
Девятиугольный круг	350...100
Рулежные дорожки	30000...50000
Отработочный ангар	5000...8000
Ангар отработки топливной системы	5000...8000
Малярный ангар	5000...6000

При планировке ЛИС производственные площади уточняют путем расстановки самолетов, оборудования, постройки двинационного круга и др., а также с учетом действующих требований по ЛИС.

Необходимо также учесть и вспомогательные площадки; склады оборудования, мастерскую механика, стоянки специальных машин, площадки под стремянки, склад материалов, парашютную комнату (табл. 11.11).

Площади бытовых помещений определяются в соответствии с существующими нормами по количественному составу специалистов (мотористов, планеристов, электриков, радистов, прибористов): гардероб, санузлы с умывальниками (мужской и женский), душевые, столовые, конторские площади, в том числе кабинеты начальника цеха и заместителя начальника, секретаря-машинистки, ПДБ, табельная, ТНБ, ЛЭГ, комната летного состава (одна и более), штурманский класс, медпункт, в том числе кабинет врача, БТК, красный уголок, представитель заказчика.

Расчет вспомогательных площадей и складов, а также бытовых помещений и площадей для инженерных служб проводится по данным [13]. Расчетные данные по ЛИС целесообразно свести в табл. 11.12.

11.9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ОСНОВНЫХ ФОНДОВ И ГОДОВЫХ АМОРТИЗАЦИОННЫХ ОТЧИСЛЕНИЙ

Расчет ведется для следующих групп: здания и сооружения производственного назначения, оборудование штатное и специальное, подъемно-транспортные средства, установки, контрольно-измерительная аппаратура, приспособления, инструменты, инвентарь и др.

Расчет стоимости здания ЛИС можно производить по нормативам стоимости 1 м^3 , равного 20...25 р. Стоимость сооружений отработочных площадок составляет 40...50 р за 1 м^2 .

Затраты на приобретение КЗА и оборудования см. в табл.8.6.

Таблица 11.11

Примерные нормы вспомогательных площадей ЛИС

Наименование площадей	Площадь, м^2
Склад оборудования	600...1000
Мастерская механика	200...300
Стоянки спец. машин	1000...2000
Склад материалов	50...100
Склад готовых изделий	150...200
Парашютная комната	100...150

Таблица 11.12

Площади ЛИС

Наименование площадей	Площадь, м ²	Крытые	Не крытые
Производственные			
Вспомогательные			
Бытовые			
Конторские			
Проходы			
Параютная			
Склады			
Другие			
Итого			

Примечание. В расчет площадей ЛИС не вошли площади аэродрома и складов ГСМ. Это самостоятельные участки, и они обычно рассчитываются отдельно по согласованию с руководителями проекта.

Стоимость производственного и хозяйственного инвентаря можно принять равной 2—3% стоимости оборудования цеха ЛИС.

Стоимость инструмента и приспособлений, относящихся к основным фондам, при укрупненных расчетах можно принять равной примерно 10...15% общей стоимости оборудования цеха.

Годовые амортизационные отчисления от стоимости основных фондов определяются с помощью норм амортизационных отчислений [13]. Результаты расчетов по основным фондам и амортизационным отчислениям от их стоимости целесообразно свести в табл. 11.13.

Таблица 11.13

Первоначальная стоимость основных фондов ЛИС

Наименование группы	Первоначальная стоимость, руб.	Норма амортизации	Годовой амортизационный фонд, руб.

11.10. РАСЧЕТ СЕБЕСТОИМОСТИ ИСПЫТАНИЙ САМОЛЕТА

При разработке проекта цеха ЛИС расчеты себестоимости продукции целесообразно выполнять в следующем порядке.

11.10.1. Определение затрат по статьям «Основные материалы», «Покупные изделия» и «Возвратные отходы»

Эти затраты рассчитываются на отдельные изделия, а затем суммируются по всем изделиям на годовой объем работ. Затраты на основные горюче-смазочные материалы производятся по формуле

$$Z_{ГСМ} = Z_1 + Z_{Гд} + Z_M + Z_{СП} + Z_6, \quad (11.35)$$

здесь Z_1 — годовые затраты на топливо,

$$Z_1 = C_{кер} (G_T \Sigma T_{исп} + \Delta G_T N), \quad (11.36)$$

где $C_{кер}$ — стоимость керосина;

G_T — часовой расход топлива на один испытываемый самолет;

$\Sigma T_{исп}$ — годовая продолжительность испытаний всех самолетов;

$\Delta G_T N$ — топливо, заправляемое при отправке самолета в адрес заказчика.

Годовые затраты на гидросмесь АМГ-10 $Z_{Гд}$ определяются по формуле

$$Z_{Гд} = C_{АМГ} (G_{АМГ} N), \quad (11.37)$$

где $C_{АМГ}$ — стоимость АМГ-10;

$G_{АМГ}$ — расход масла АМГ-10 на один самолет.

Годовые затраты на масло Z_M определяются по формуле

$$Z_M = C_M (G_M \Sigma T_{исп} + \Delta G_M N), \quad (11.38)$$

где C_M — стоимость масла;

G_M — часовой расход масла;

$\Delta G_M N$ — масло, заправляемое при отправке самолета в адрес заказчика.

Годовые затраты на спирт $Z_{СП}$ для обслуживания систем, РК и др. ориентировочно на один испытываемый самолет принимаются 10...15 кг. Годовые затраты на бензин Z_6 для промывки и обезжиривания систем и фильтров на один испытываемый самолет — 100 кг бензина Б-70, а для заправки и эксплуатации транспортных и др. средств — 3000...5000 кг бензина А-76.

Стоимость применяемых ГСМ показана в табл. 11.14.

Таблица 11.14

Стоимость ГСМ

Топливо или ГСМ	Цена, руб/т	Топливо или ГСМ	Цена, руб/т
Керосин Т-1 и ТС-1	80	Авиабензин Б-100/130	170
Керосин ТС-7	80	Авиабензин Б-95/130	160
РТ-топливо	90	Авиабензин Б-70	110
Масло МК-8	225	Бензин А-76	20
Масло МС-20	260	Этиловоль	70
Масло АМГ-10	290	Спирт	60

11.10.2. Определение затрат на заработную плату основных производственных рабочих

Методика и порядок расчета приведены в п. 11.7.

11.10.3. Определение затрат по статьям «Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования» и «Цеховые расходы»

Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования учитывают амортизационные отчисления от стоимости производственного оборудования, транспортных средств цеха и ценного инструмента. Амортизационные отчисления определяются по установленным нормам амортизации (см. п. 11.9). При калькулировании себестоимости на статью «Цеховые расходы» относят следующие затраты: затраты и амортизация на содержание и текущий ремонт зданий, сооружений, технологического оборудования и инвентарь общецехового назначения, заработная плата, энергия различных видов, затраты на исследования, рационализацию и изобретательство цехового характера, затраты на мероприятия по охране труда и природы.

Результаты расчетов по цеховым расходам целесообразно свести в табл. 11.15.

Таблица 11.15

Цеховые расходы ЛИС

Статьи расходов	Определение расходов, руб.
Электроэнергия на производственные нужды	≈ 30 р. в год на 1 кВт/ч
Сжатый воздух	В укрупненных расчетах можно пренебречь
Вода для производственных нужд	$Z_{\text{в}} = G_{\text{в}} T_{\text{исп}} \eta m,$ где $G_{\text{в}}$ — часовой расход воды; $T_{\text{исп}}$ — время испытаний; η — коэффициент спроса, 0,7 ... 0,8; m — число потребителей. Стоимость 1 м ³ воды равна 93 к. С.м. п. 11.7.
Заработная плата: вспомогательных рабочих ИТР МОП, служащих	6.. 8% от стоимости здания цеха
Содержание зданий, сооружений: электроэнергия для освещения; пар для отопления; вода для бытовых нужд; вентиляция, канализация; расходы на содержание зданий в чистоте	1% от стоимости здания цеха
Содержание оборудования, инструмента	150 р. на одного производственного рабочего
Текущий ремонт: зданий и сооружений оборудования	3,5% от стоимости здания 3,5% от стоимости технологического оборудования
Амортизация: зданий и сооружений; оборудования; инвентаря	10,2% от первоначальной стоимости 12,0% » » » 10,0% » » »
Соцстрах	18,3% от полного фонда зарплаты производственных рабочих
Разные расходы: усовершенствование и изобретательство охрана труда транспортные расходы	4 р. в год на одного работающего
прочие расходы (оплата командировок, почтовые расходы, канцелярские товары и др.)	13,5 р. на одного работающего в год 1% от основной заработной платы производственных рабочих 3% от основной заработной платы производственных рабочих
Общая сумма цеховых расходов	

Результаты расчетов по определению себестоимости испытаний целесообразно свести в табл. 11.16.

Т а б л и ц а 11.16

Себестоимость испытаний

Наименование статьи калькуляции	Затраты, руб.
Основные материалы	
Покупные изделия и полуфабрикаты	
Возвратные отходы (вычитаются)	
Основная зарплата производственных рабочих	
Дополнительная зарплата производственных рабочих	
Отчисления на соцстрах от зарплат производственных рабочих	
Расходы на содержание и эксплуатацию оборудования	
Цеховые расходы	
Итого цеховая себестоимость:	

11.11. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТОИМОСТИ ОДНОГО ЛЕТНОГО ЧАСА ИСПЫТУЕМОГО САМОЛЕТА

Один час испытываемого самолета $A_{лч}$ состоит из расходов на амортизацию самолета (планера) $A_{ас}$ и двигателей $A_{ад}$, расходов на техническое обслуживание самолета $A_{тос}$ и двигателей $A_{тод}$, стоимости расходуемого топлива и масла $A_{гсм}$, заработной платы экипажа с начислениями $A_{зп}$ и аэродромных расходов. $B_{ар}$, учитывающих затраты на содержание аэродромов и различных административно-технических служб. Таким образом,

$$A_{лч} = A_{ас} + A_{ад} + A_{тос} + A_{тод} + A_{гсм} + A_{зп} + B_{ар}. \quad (11.39)$$

Расходы на амортизацию самолета (руб/ч) составляют

$$A_{ас} = K_1 (C_c / T_c), \quad (11.40)$$

где K_1 — коэффициент, учитывающий непроизводительный налет (тренировки, повторные полеты и т. п.);

C_c — стоимость самолета без двигателей, руб,

$$C_c = K_{сер} K_v \left[m_{пуст} (40 + 4 \cdot 10^{-4} m_{пуст}) + \frac{4 \cdot 10^4}{1 + 500 / m_{пуст}} \right]. \quad (11.41)$$

здесь $K_{сер с}$ и K_v — коэффициенты, учитывающие серийность и расчетную скорость полета самолета,

$$K_{сер с} = \left(\frac{35 \cdot 10^5}{m_{пуст} \sum n_c} \right)^{0,4}, \quad (11.42)$$

$$K_v = 1/2 (1 + V_{крейс}/800), \quad (11.43)$$

где $\sum n_c$ — число самолетов в серии;

$V_{крейс}$ — крейсерская скорость, км/ч.

В формуле (11.40) T_c — амортизационный или полный срок службы самолета. Для магистральных самолетов в среднем $T_c = 30000 \dots 40000$ ч, для самолетов местных воздушных линий $T_c = 25000 \dots 30000$ ч. Расходы на амортизацию двигателей (руб/ч) составляют

$$A_{ад} = K_2 n_{дв} (C_{дв} / T_{дв}), \quad (11.44)$$

где $K_2 = 1,2 \dots 1,3$ — коэффициент, учитывающий непроизводительный налет;

$n_{дв}$ — число двигателей, установленных на самолете;

$C_{дв}$ — стоимость одного двигателя, руб.

Для ТРДД можно принять

$$C_{дв} = K_{сх} K_{сер дв} P_{0i} (34 - 0,4 \sqrt{P_{0i}}), \quad (11.45)$$

где P_{0i} — взлетная тяга одного двигателя;

$K_{сх}$ и $K_{сер дв}$ — коэффициенты, учитывающие тип (схему) двигателя и серийность;

$K_{сх} = 0,85$ для ТРД;

$K_{сх} = 1$ для ТРДД при $M < 1$;

$K_{сх} = 1,5$ при $M > 1$;

$$K_{сер дв} = [1500 / (\sum n_{дв})]^{0,25}, \quad (11.46)$$

здесь $\sum n_{дв}$ — число двигателей в серии.

Стоимость одного ТВД вместе с воздушным винтом в среднем

$$C_{ТВД} = 1,36 K_{сер дв} N_{0i} (40 - 0,52 \sqrt{N_{0i}}), \quad (11.47)$$

где N_{0i} — взлетная мощность одного двигателя, кВт.

В формуле (11.44) $T_{дв}$ — амортизационный или полный срок службы двигателя, для расчетов принимается $T_{дв} = 6000$ ч.

Расходы на текущее обслуживание самолета (руб/ч) составляют:

$$A_{тос} = K_3 m_{пуст} 10^{-3} (4,4 - 0,1 \sqrt{m_{пуст}} + 0,15 \cdot 10^{-4}), \quad (11.48)$$

$K_3 = 1,2 \dots 1,4$ — для дозвуковых самолетов с ТРД, ТРДД;

$K_3 = 1,6 \dots 1,8$ — для самолетов с ТВД;

$K_3 = 2,8 \dots 3,0$ — для сверхзвуковых пассажирских самолетов.

Расходы на текущее обслуживание двигателей (руб./ч) составляют

$$A_{1,0 \text{ дв}} = \frac{0,16 K_2 K_4 n_{\text{дв}} \sqrt{P_{0i}}}{1 + 7 \cdot 10^{-3} T_{\text{дв}}}, \quad (11.49)$$

где $K_2 = 1,2 \dots 1,3$, $K_4 = 1,3$ — для ТРД и ТРДД дозвуковых самолетов;

$K_4 = 1,8 \dots 2,0$ — для двигателей СПС, а также для ТВД.

Расходы на заработную плату экипажа (руб./ч)

$$A_{зп} = \bar{C}_{лс} n_{лс} + \bar{C}_{\text{вед.ниж.и.экс.п}} n_{\text{вед.ниж.и.экс.п}}, \quad (11.50)$$

здесь $\bar{C}_{лс}$ и $\bar{C}_{\text{вед.ниж.и.экс.п}}$ — средняя часовая заработная плата летно-подъемного состава в год.

Стоимость ГСМ

$$A_{гсм} = Z_T + Z_G + Z_M + Z_{сп} + Z_6, \quad (11.51).$$

где Z_T — затраты на топливо (керосин марки Т-1, ТС, РТ и др.);

$$Z_T = C_{\text{кер}} (G_{T1} + G_{T2} + G_{T3}), \quad (11.52).$$

где $C_{\text{кер}}$ — стоимость керосина, руб./кг;

G_{T1} и G_{T2} — часовой расход топлива испытываемого самолета соответственно на земле и в воздухе;

G_{T3} — часовой расход топлива самолета, улетающего в адрес заказчика после приемки его;

Z_G — затраты на гидросмесь АМГ-10;

Z_M — затраты на масло МК, МС и др.;

$Z_{сп}$ — затраты на спирт для обслуживания систем, РК и др.;

Z_6 — затраты на бензин для промывки и обезжиривания систем и промывки фильтров (Б-70) и для эксплуатации транспортных и др. средств, непосредственно участвующих при наземных испытаниях (отработке) самолета (А-76, А-93 и др.).

Расходы на аэродромные расходы (руб./ч) составляют:

$$B_{ар} = 0,083 m_0^{0,7} K_6, \quad (11.53)$$

где m_0 — масса самолета при взлете, кг,

$$K_6 = 1,3 \dots 1,5.$$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заклячая краткое и далеко не полное изложение работы по летным испытаниям, можно отметить, что объем последних не уменьшается, а непрерывно возрастает. Это объясняется прежде всего возросшими требованиями, предъявляемыми к современным самолетам, что приводит к значительному усложнению

конструкции, многократному увеличению количества и сложности комплектующих самолет систем. Возрастают требования к уровням безопасности, а также влиянию человеческого фактора на безопасность полетов, к экономичности, всепогодности и комфортности самолетов. Иными словами, улучшение качеств современного самолета достигается суммированием ряда тщательно оптимизированных улучшений, а это требует, в свою очередь, увеличения объема и качества летных испытаний, а также точности получаемых характеристик.

Существенно увеличился объем работ по подготовке к летным испытаниям. Многократное увеличение объема объективной информации, которая должна быть получена в результате испытаний, привело к кардинальной перестройке информационно-измерительных систем и самой контрольно-измерительной аппаратуры.

Если к приведенным выше соображениям добавить, что объектом летных испытаний является ранее не летавшая серийная конструкция самолета, то сложность и ответственность проведения всей работы становятся очевидными. Для успешного ее выполнения необходимы специалисты высокой квалификации и оптимальная организация всех этапов работы. Авторы надеются, что данное пособие в какой-то мере будет способствовать решению этой задачи.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Акимов А. И., Берестов Л. М., Михеев Р. А. Летные испытания вертолетов. М.: Машиностроение, 1980. 399 с.
2. Бобров П. Н. ЦАГИ. М.: Мол. гвардия, 1934. 335 с.
3. Ведров В. С., Тайц М. А. Летные испытания самолетов. М.: Оборонгиз, 1951. 484 с.
4. Егер С. М. Проектирование самолетов. М.: Машиностроение, 1983. 612 с.
5. Задачи и структура летных испытаний самолетов и вертолетов / Под ред. А. Д. Миropова. М.: Машиностроение, 1982. 144 с.
6. Летные испытания самолетов. М. Г. Котик, А. В. Павлов, И. М. Пашковский, П. Г. Щитаев. М.: Машиностроение, 1968. 423 с.
7. Кринецкий Е. И., Александровская Л. Н. Летные испытания систем управления летательными аппаратами. М.: Машиностроение, 1975. 193 с.
8. Кузнецов Н. Д., Цейтлин В. Н. Эквивалентные испытания газотурбинных двигателей. М.: Машиностроение, 1976. 216 с.
9. Маслепников А. А. Безопасность полетов в системе воздушного транспорта. М.: Наука, 1975. 205 с.
10. Моревков А. Н. Организация работ по определению надежности и экономической эффективности восстанавливаемых систем летательных аппаратов / Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1990. 30 с.
11. Моревков Н. И., Лихтциндер Б. Я. Малогабаритные контрольно-регистрирующие приборы. Куйбышев: Куйбышев. кн. изд., 1970. 127 с.

12. Техничко-экономические расчеты и организация работ на летно-испытательных станциях: Учеб. пособие / Н. П. Моренков, Ф. З. Абдуллин, А. Н. Моренков, Ю. И. Карелин; Куйбышев. авиац. ин-т. Куйбышев, 1986. 92 с.

13. Оглезнев Н. А. Организационно-экономические расчеты при проектировании участков и цехов авиационных предприятий: Методическое пособие / Куйбышев. авиац. ин-т, Куйбышев, 1988. 52 с.

14. Поплавский Б. К., Леонов В. А. Специализированные системы автоматизированной обработки материалов летного эксперимента / Моск. авиац. ин-т. М., 1983. 51 с.

15. Саркисян С. А., Старик Д. Э. Экономика авиационной промышленности. М.: Высш. шк., 1980. 364 с.

16. Справочник инженера по авиационному и радиоэлектронному оборудованию самолетов и вертолетов / Под ред. В. Г. Александрова. М.: Транспорт, 1978. 398 с.

17. Углов Б. А. Испытания летательных аппаратов и двигателей. Куйбышев, 1987. 64 с.

18. Чернышов А. В. Технология монтажа и испытаний бортовых систем летательных аппаратов. М.: Машиностроение, 1977. 336 с.

19. Шейнин В. М. Расчет центровки самолета. М.: Оборонгиз, 1955. 226 с.

20. Шейнин В. М., Козловский В. Н. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов. М.: Машиностроение, 1977. 208 с.

21. Ярмарков Р. Г. Летные испытания первых опытных образцов самолетов. М.: Машиностроение, 1987. 143 с.

Оглавление

Введение	3
Список условных сокращений	7
Список принятых обозначений	9
1. Виды испытаний летательных аппаратов и их систем	10
1.1. Оценочные испытания	11
1.2. Испытания в условиях, имитирующих длительную эксплуатацию	14
1.3. Специальные испытания	16
1.4. Испытания в условиях длительной эксплуатации	17
2. Лётно-испытательные подразделения	19
2.1. Лётно-испытательные комплексы	19
2.2. Лётно-испытательные станции	20
2.3. Задачи, решаемые службами ЛИС. Структуры служб	22
3. Основные работы, выполняемые на ЛИС	27
3.1. Последовательность выполнения работ	27
3.2. Работы, предшествующие первому полету серийного ЛА	28
3.3. Проведение предполетных и послеполетных осмотров	29
3.4. Работы, выполняемые после первого полета	30
3.5. Виды работ, связанных с подготовкой опытного ЛА к первому полету	31
4. Программа наземных испытаний	32
4.1. Наземные испытания и проверки самолета и двигателя	33
4.2. Наземные испытания и проверки самолета, проводимые выборочно от партии ЛА	35
5. Основные виды технической документации	36
5.1. Технологический паспорт на сборку, отработку и испытания ЛА	36
5.2. «Дело ЛА» по наземной отработке	38
5.3. «Дело ЛА» по лётным испытаниям	39
5.4. Эксплуатационная документация, поставляемая с каждым ЛА и отдельно заказчику	40
6. Вопросы оптимизации процесса испытаний	41
6.1. Критериальная оценка эффективности системы в процессе испытаний	42
6.2. Модель динамики эффективности системы	43
6.3. Условие оптимального перехода от наземных испытаний ЛА к лётным	45
7. Интегральный показатель оценки работоспособности ЛА и его систем	47

8. Летные испытания	49
8.1. Организация подготовки и проведения летных испытаний	49
8.2. Краткие организационные вопросы проведения летных испытаний	51
8.3. Подготовка самолета к первому полету	53
8.4. Организация работ по проверке поведения самолета, оценка устойчивости и управляемости, работы силовых установок и всего оборудования	55
8.5. Серийные летные испытания (сдаточные и контрольно-примемные)	59
8.6. Периодические летные испытания	77
8.7. Типичные дефекты и недостатки, выявляющиеся в процессе летных испытаний	91
8.8. Оценка выполнения программы испытаний	96
8.9. Установка контрольно-записывающей аппаратуры	96
9. Автоматизированная обработка материалов летных испытаний ЛА	99
9.1. Задачи натурального эксперимента при испытаниях сложных систем	99
9.2. Автоматизация измерений, обработки данных и ее влияние на качество и сроки испытаний	99
9.3. Информационно-измерительные системы	100
9.4. Принципы построения специализированных систем обработки измерительной информации	105
9.5. Математическое обеспечение систем автоматизированной обработки	111
9.6. Технология автоматизированной обработки измерительной информации на специализированных системах	120
9.7. Режимы работы систем автоматизированной обработки измерительной информации	124
9.8. Системы управления процессом эксперимента	131
9.9. Подготовка к автоматизированной обработке измерительной информации	131
10. Организация работ и меры безопасности при обслуживании авиационной техники	135
10.1. Техническое обслуживание	135
10.2. Работа с электрооборудованием и другими системами самолета	137
10.3. Размещение авиационной техники на аэродромах	141
10.4. Действия инженерно-технического состава в особых случаях на земле	143
11. Техничко-экономические расчеты на ЛИС	148
11.1. Расчет программы летных испытаний	148
11.2. Показатели эффективности летных испытаний	150
11.3. Расчет трудоемкости работ	152
11.4. Расчет фондов времени	152
11.5. Расчет количества оборудования	151
11.6. Расчет численности производственного персонала	155
11.7. Расчет фондов заработной платы	160
11.8. Расчет площадей ЛИС	161
11.9. Определение стоимости основных фондов и годовых амортизационных отчислений	163
11.10. Расчет себестоимости испытаний самолета	165
11.11. Определение стоимости одного летного часа испытываемого самолета	168
Заключение	170
Библиографический список	171

Моренков Алексей Николаевич
Углов Борис Алексеевич
Пильник Михаил Прокофьевич
Щеголев Валерий Яковлевич

ЛЕТНЫЕ ИСПЫТАНИЯ И ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ НА ЛЕТНО-ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТАНЦИЯХ

Редактор Е. Д. Антонова
Техн. редактор Н. М. Калешюк
Корректор Н. С. Куприянова

Свод. тем. пл. № 127

Сдано в набор 7.05.90. Подписано в печать 25.10.90
Формат 60×84 1/16. Бумага оберточная.
Гарнитура литературная. Печать высокая.
Усл.п.л. 10,23+0,23 п.л. вкладка. Усл. кр.-отт. 10,3.
Уч.-изд.л. 10,18. Тираж 500 экз. Заказ 538. Цена 80 к.

Куйбышевский орден Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева.
443086, Куйбышев, Московское шоссе, 34.

Гип. ЭОЗ Куйбышевского авиационного института.
443001, Куйбышев, ул. Ульяновская, 18.