

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ»

---

Кафедра безопасности полетов и жизнедеятельности

В.А. Костиков, П.М. Поляков

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

ПОСОБИЕ

по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы  
для студентов VI курса  
специальности 160901  
заочного обучения

Москва-2005

ББК 052-082.03

К 15

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Р.В. Сакач

Костиков В.А., Поляков П.М.

К 15 Безопасность полетов: Пособие по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы. - М.: МГТУ ГА, 2005. - 48 с.

Данное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины СД.10 «Безопасность полетов» по Учебному плану специальности 160901 для студентов VI курса заочного обучения, утвержденному 28 июня 2001 г.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 14.06.05 г. и методического совета 20.09.05 г.

Редактор Е.А. Колотушкина

---

Подписано в печать 19.10.05 г.

Печать офсетная

Формат 60x84/16 1,84 уч.-изд. л.

2,79 усл.печ.л.

Заказ № У30Ш Тираж 260 экз.

Московский государственный технический университет ГА 125993  
Москва, Кронштадтский бульвар, д.20 Редакционно-издательский отдел  
125493 Москва, ул. Пулковская, д. 6а

© Московский государственный технический университет ГА, 2005

## ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

В дисциплине "Безопасность полетов" рассматривается комплекс вопросов, характеризующих задачи гражданской авиации по обеспечению безопасности воздушных перевозок. Целью ее преподавания является обучение студентов теоретическим основам и практическим навыкам обеспечения безопасности полетов в предприятиях и организациях ГА на основе полученных знаний.

Основная задача дисциплины - завершить комплексную подготовку студентов как авиационных специалистов, дать им представление об основных актуальных проблемах в деятельности ГА.

В результате изучения дисциплины студенты должны знать:

- ▶ требования нормативных документов ИКАО, воздушного законодательства РФ, направленные на обеспечение безопасности полетов;
- ▶ государственную систему контроля и обеспечения безопасности полетов гражданских воздушных судов;
- ▶ терминологию, основные определения и формулировки, используемые при характеристике проблемы безопасности полетов;
- ▶ сущность системного подхода к исследованию безопасности полетов;
- ▶ системные факторы авиационно-транспортной системы (АТС), факторы внешней среды и внешних активных воздействий, приводящие к развитию особых ситуаций в полете;
- ▶ критерии и методы анализа, оценки прогнозирования уровня безопасности полетов;
- ▶ человеческий фактор в проблеме безопасности полетов, инженерно-психологические основы обеспечения безопасности полетов;
- ▶ основные методы обеспечения безопасности полетов при летной и технической эксплуатации ВС, наземных технических средств навигации и связи;
- ▶ состав и возможности систем объективного контроля состояния авиационной техники и качества летной деятельности экипажа;
- ▶ методологию использования баз данных по аварийности для управления факторами безопасности полетов;
- ▶ порядок расследования АН, инцидентов, их учет;
- ▶ методики анализа авиационных происшествий применительно к специальности 160901;
- ▶ организацию и правила выполнения аварийно-спасательных работ;
- ▶ профилактическую деятельность в ГА по предотвращению авиационных происшествий.

В результате изучения дисциплины студенты должны уметь:

- ▶ использовать свои знания и практический опыт по проблеме безопасности полетов для предотвращения авиационных происшествий;
- ▶ количественно оценить уровень безопасности полетов по статистическим данным;
- ▶ анализировать статистический материал и разрабатывать мероприятия

по предупреждению аварийности и обеспечению БП;

- ▶ оценивать степень опасности последствий отказов авиационной техники, ошибок личного состава и воздействий неблагоприятных условий;

- ▶ анализировать полетную информацию, регистрируемую бортовыми средствами объективного контроля;

- ▶ использовать результаты экспресс-анализа полетной информации для профилактики авиационных происшествий;

- ▶ выполнять аварийно-спасательные работы инженерного профиля при авиационном происшествии.

Имеющиеся учебник и учебные пособия достаточно полно освещают вопросы программы, однако посещение лекций является обязательным. На обзорных лекциях студентов-заочников знакомят с наиболее трудными для самостоятельного изучения разделами учебной программы.

Для лучшего усвоения материала рекомендуется вести конспект, который должен содержать основные теоретические положения программы и ответы на вопросы для самопроверки. В процессе изучения учебной дисциплины студенты-заочники выполняют контрольную работу. Задание и порядок выполнения контрольной работы приведены в настоящем пособии по выполнению контрольной работы.

Лабораторные работы выполняются на кафедре под руководством преподавателей и учебно-вспомогательного персонала в соответствии с методическими указаниями по их выполнению. Зачет по лабораторным работам принимается только после выполнения всех видов работ и при наличии утвержденных преподавателем отчетов. Отчеты предъявляются экзаменатору перед сдачей экзамена по данной учебной дисциплине.

## СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Содержание проблемы безопасности полетов в историческом аспекте. Гражданская авиация - важнейшая составляющая транспортной системы РФ. Актуальность проблемы безопасности полетов. Социально-экономические последствия авиационных происшествий.

Предмет и задачи курса БП. Структура курса БП, связь с другими дисциплинами. Место дисциплины в профессиональной подготовке инженера по эксплуатации летательных аппаратов и двигателей.

### Методические указания

При изучении материала по данной части учебной программы особое внимание нужно обратить на мероприятия, направленные на обеспечение безопасности полетов, социально-экономические последствия авиационных происшествий. Важно понять научное содержание проблемы, методологию и сущность комплексного подхода к изучению попросов бваомпепоеети поjrexoB. Литература [1] с.4-5; [2] с.5-6; [3] с.3.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Назвать мероприятия, направленные на повышение безопасности полетов ВС ГА.
2. Перечислить основные этапы обеспечения безопасности полетов гражданских ВС.
3. В чем заключается комплексный подход к изучению вопросов безопасности полетов.

### **Раздел I. ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В ГА**

Тема: Авиационная инфраструктура. Основные свойства ее элементов и их влияние на безопасность полетов

Определение АТС, ее организация и структура. Функциональные характеристики элементов: экипажа, ВС, службы УВД, служб подготовки и обеспечения полетов, аэродромов. Общие положения, основные определения безопасности полетов. Системный подход к обеспечению безопасности полетов. Обобщенные критерии оценки эффективности работы АТС. Специфическая терминология по проблемам БП. Особенности системных исследований АТС.

#### Методические указания

По данной теме необходимо знать структуру и организацию авиационно-транспортной системы. Особое внимание обратить на функциональные характеристики и взаимосвязь элементов АТС и их влияние на безопасность полетов. Следует выделить систему "экипаж - воздушное судно" как конечное звено в цепи предотвращения авиационных происшествий.

Литература [1] с.23-31; [2] с.32-36; [3] с.5-6.

#### Вопросы для самопроверки:

1. В чем заключается сущность системного подхода к изучению вопросов безопасности полетов?
2. Перечислить элементы АТС.
3. Характеристика элементов АТС, их взаимосвязь и влияние на безопасный исход полета.

Тема: Структура государственных органов обеспечения безопасности полетов

Федеральная служба надзора за безопасностью в сфере транспорта. Федеральное агентство воздушного транспорта. Международная организация гражданской авиации (ИКАО), Межгосударственный авиационный комитет (МАК), его функции. Авиарегистр, основные задачи в обеспечении безопасности полетов.

## Методические указания

При изучении структуры органов государственного регулирования безопасности полетов необходимо выделять такие организации: МАК, Авиарегистр, УГН БП ГС ГА, инспекции управлений. Изучить задачи, функции и права этих организаций. При рассмотрении структуры органов международной организации ГА (ИКАО) особое внимание уделить задачам, которые возлагаются на эту организацию в деле повышения уровня БП в мире.

Литература [1] с.7-16; [2]с.12-23.

### Вопросы для самопроверки:

1. Перечислить основные функции и задачи МАК.
2. Назначение Авиарегистра, основные задачи и права.
3. Основные задачи УГН БП ГС ГА по обеспечению безопасности полетов.
4. Инспекторы аэропортов, их права и обязанности.
5. Структура и основные задачи ИКАО.
6. Назвать представительные органы РФ в ИКАО.

Тема: Основные нормативные документы по обеспечению безопасности полетов

Знание руководящих документов - основа безопасности полетов. Воздушный кодекс. Нормы летной годности ГВС. Нормы годности к эксплуатации аэродромов и воздушных трасс. Правила сертификации ГВС, наземного оборудования, ЭРТОС. Правила, регламентирующие деятельность предприятий ГА и их подразделений. Система изучения руководящих документов по БП с личным составом ГА и контроль их исполнения.

## Методические указания

При изучении основных нормативных документов по обеспечению безопасности полетов в ГА обратить особое внимание на основные требования этих документов в вопросах обеспечения безопасности полетов гражданских воздушных судов. При рассмотрении этих требований необходимо определить место и значение этих документов в обеспечении БП на всех этапах создания и эксплуатации авиационной техники. Необходимо знать структуру и краткое содержание нормативных и руководящих документов по обеспечению БП, а также систему их изучения с личным составом предприятий ГА.

Литература [1] с. 16, 22; [2] с.23, 31.

### Вопросы для самопроверки:

1. Значение и краткое содержание Воздушного кодекса.
2. Нормы летной годности (НЛГС-3). История развития и структура.
3. Нормы годности к эксплуатации аэродромов и воздушных трасс (НГЭА).

## Раздел 2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Тема: Определение и классификация особых ситуаций в полете  
Определение особой ситуации (ОС). Классификация ОС по вероятности возникновения и степени опасности. Характеристика особых ситуаций.

### Методические указания

При изучении данной темы необходимо вспомнить понятия "эксплуатационные и предельные ограничения", знать классификацию особых ситуаций, их определения и характеристику. Особое внимание обратить к использованию понятия "особых ситуаций" при рассмотрении уровня безопасности полетов, его нормирования.

Литература [1] с.5, 6; [2] с.8, 9; [3] с.6, 7,8.

### Вопросы для самопроверки:

1. Что такое особая ситуация?
2. Классификация особых ситуаций.
3. Чем характеризуются особые ситуации?
4. Какими значениями вероятностей возникновения ОС нормируются требования по БП?

Тема: Определения и классификация авиационных происшествий (АП) и инцидентов (ИН)

Определение АП, их классификация. Основные признаки катастрофы и АП без человеческих жертв. Инциденты, их определения и классификация. Чрезвычайные происшествия (ЧП). Повреждения воздушных судов на земле.

### Методические указания

При изучении АП знать их определения, классификацию, основные признаки. Обратить внимание на важность изучения инцидентов в деле профилактики АП. Необходимо знать отличие АП от ЧП и повреждения ВС на земле. Привести примеры.

Литература [1] с.6 - 7; [2] с.9, 12.

### Вопросы для самопроверки:

1. Что называется АП?
2. Классификация и основные признаки АП.
3. Дать определение "инцидент", классификация инцидентов.
4. Чем отличается чрезвычайное происшествие и повреждение ВС на земле от АП?

Тема: Факторы, влияющие на безопасность полетов

Классификация факторов. Многофакторность причин АП и причинно-следственные связи событий в полете. Распределение АП по вине служб авиапредприятий и другим факторам.

#### Методические указания

При изучении факторов, влияющих на безопасность полетов, необходимо рассматривать их по группам: надежность АТ, авиационный персонал и внешние факторы. При этом необходимо знать их влияние на уровень БП, а также основные мероприятия по повышению БП в международной и отечественной практике.

Литература [1] с.31-36; [2] с.36-43; [3] с. 10-12.

#### Вопросы для самопроверки:

- 1 - Перечислите основные факторы, влияющие на БП.
2. Расскажите о сущности многофакторности АП.
3. Расскажите о причинно-следственных связях возникновения неблагоприятных событий в полете.
4. Охарактеризуйте распределение АП по основным причинам и факторам.

Тема: Качественная оценка безопасности полетов

Цель и назначение качественной оценки БП. Основные этапы качественной оценки БП. Определение степени опасности, уровня риска и вероятности возникновения аварийного фактора.

#### Методические указания

При изучении темы необходимо определить цель и назначение качественной оценки БП. Знать основные этапы качественной оценки и формулы определения степени опасности, уровня риска и вероятности возникновения аварийного фактора, их физическую сущность. Перечислить задачи, которые можно решать с помощью качественной оценки БП.

Литература [1] с.36-41; [Я с.12-15.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Для каких целей применяется качественная оценка БП?
2. Назовите основные этапы и показатели качественной оценки БП.
3. Напишите формулы определения степени опасности, уровня риска.

Тема: Количественная оценка безопасности полетов

Статистические показатели БП: абсолютные и относительные, общие и частные. Статистические показатели БП, применяемые в ИКАО. Вероятностные показатели БП. Связь вероятностных и статистических показателей БП.



### Методические указания

При изучении этой темы необходимо познакомиться с качественным и количественным анализами БП. Знать определение и основные формулы статистических и вероятностных показателей БП, определяемых надежностью АТ, личностными факторами и внешними активными воздействиями, а также связь вероятностных и статистических показателей БП.

Литература [1] с.41-55; [2] с.91-97; [3] с. 16-23.

### Вопросы для самопроверки;

1. Назначение и основное содержание количественной оценки БП.
2. Перечислите основные критерии количественной оценки, применяемые в ИКАО и ГА СНГ.
3. Назовите вероятностные показатели БП.
4. Напишите основные формулы связи статистических и вероятностных показателей БП.

### Тема: Оценка влияния отказов АТ на БП

Основные показатели БП, определяемые надежностью АТ. Оценка динамики изменения показателей БП по периодам (годам) эксплуатации. Ранжировка конструктивных групп ВС по показателям БП. Оценка эффективности мероприятий, направленных на повышение БП.

### Методические указания

По данной теме необходимо прежде всего знать показатели уровня БП, определяемые надежностью АТ, а также задачи, решаемые с использованием вероятностных и статистических показателей и их связь:

- > оценку динамики изменения показателей БП по годам эксплуатации;
- > прогнозирование уровня БП;
- > ранжирование функциональных систем ВС по показателям БП;
- > оценку эффективности мероприятий, направленных на повышение

БП.

Литература [1] с.113-121; [2] с.95-97; [3] с.23-31.

### Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные показатели БП, определяемые надежностью АТ.
2. Методика оценки динамики изменения показателей БП по периодам эксплуатации.
3. Прогнозирование уровня БП на следующий период эксплуатации.
4. Методика ранжирования функциональных систем ВС по показателям БП.
5. Назовите критерии оценки эффективности по повышению БП.

### Раздел 3. ИНЖЕНЕРНО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Тема: Характеристика работы человека-оператора в авиационно-эргодической системе (АЭС)

Особенности профессиональной деятельности специалистов ГА. Информационные модели человека-оператора в АЭС. Психофизиологическая сущность операторской деятельности. Характеристики анализаторных систем человека. Психологические аспекты переработки информации и принятия решения человеком-оператором. Предельные возможности и ограничения человека-оператора.

#### Методические указания

В этой теме учебной дисциплины студент знакомится с особенностями профессиональной деятельности специалистов ГА, информационными моделями человека-оператора в авиационных эрготических системах (АЭС). Особое внимание уделяется предельным возможностям и ограничениям человека-оператора и характеристикам анализаторных систем человека.

Литература [1] с.56-62.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Дать характеристику анализаторных систем человека.
2. Психологические аспекты переработки информации и принятия решения человеком-оператором.
3. В чем заключаются особенности профессиональной деятельности специалистов ГА?

Тема: Взаимодействие человека-оператора с объектами авиационной техники

Взаимодействие человека-оператора с объектами авиационной техники и уровень рабочей нагрузки. Характеристика надежности и эффективности деятельности человека-оператора в АЭС. Классификация ошибочных действий человека-оператора. Статистические данные об авиационных происшествиях, вызванных ошибками личного состава.

#### Методические указания

При изучении взаимодействия человека-оператора с объектами авиационной техники необходимо познакомиться с характеристиками надежности и эффективности деятельности человека-оператора в АЭС, классификацией его ошибочных действий. Привести примеры АИ и ПАИ, вызванных ошибками авиационного персонала.

Литература [1] с.62-81.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите характеристики надежности и эффективности деятельности человека-оператора в АЭС.
2. Классификация ошибочных действий человека-оператора.

#### **Раздел 4. НОРМИРОВАНИЕ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ И СЕРТИФИКАЦИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ**

Тема: Нормирование летной годности воздушных судов и элементов авиационной транспортной системы

Исторические аспекты нормирования летной годности. Роль норм летной годности в обеспечении безопасности полетов. Основные требования ИКАО к нормам летной годности ГВС. Отечественные НЛГС, их структура. НЛГ для вертолетов и сверхзвуковых самолетов. Зарубежные НЛГС. Нормы годности в эксплуатации аэродромов и воздушных трасс ГА. Контроль соответствия аэродромов и их оборудования нормам годности в эксплуатации.

Методические указания

При изучении нормирования летной годности ВС и элементов АТС студенты знакомятся с историей развития отечественных и зарубежных норм. Особое внимание уделяют требованиям ИКАО и НЛГ гражданских ВС. Необходимо знать НЛГ, их структуру, а также познакомиться с Нормами годности к эксплуатации аэродрома и их оборудования.

Литература [1] с.82-85; [2] с.61-63.

Вопросы для самопроверки:

1. Какая роль норм летной годности в обеспечении безопасности полетов?
2. Какие требования ИКАО к НЛГ гражданских ВС?
3. Структура отечественных НЛГС.
4. Нормы годности к эксплуатации аэродромов.

Тема: Правила сертификации элементов авиационной транспортной системы

Сертификация воздушных судов. Общие положения. Таблица соответствия. Макет воздушного судна. Заводские, государственные и эксплуатационные испытания. Серийное производство и приемка ГВС. Сертификация двигателей и оборудования. Общие правила сертификации аэродромов, воздушных трасс, оборудования аэропортов и аэродромов. Методы и средства определения соответствия элементов АТС требованиям норм годности к эксплуатации.

### Методические указания

При изучении данной темы обратить особое внимание на основные методы определения соответствия гражданских ВС, их оборудования и систем нормам летной годности, порядок проведения заводских, государственных и эксплуатационных испытаний. Необходимо знать порядок выдачи сертификата летной годности к эксплуатации аэродромов, их оборудования.

Литература [1] с.85-89; [2] с.81-87.

### Вопросы для самопроверки:

1. Состав и назначение макетной комиссии.
2. Цель и порядок проведения заводских, государственных и эксплуатационных испытаний.
3. Серийное производство и приемка гражданского ВС.
4. Общие правила сертификации воздушных трасс, аэродромов и их оборудования.

Тема: Основные принципы нормирования требований к летной годности ГВС, их систем и оборудования

Общие требования к летной годности ВС. Ожидаемые условия эксплуатации. Принципы назначения ограничений характеристик ВС в ожидаемых условиях эксплуатации. Общие требования по обеспечению безопасности полетов при отказах систем и оборудования ВС при их испытаниях, а также к руководству по летной эксплуатации (глава 2 НЛГС).

Основные требования норм летной годности.

### Методические указания

При рассмотрении основных принципов нормирования требований к летной годности ВС, их систем и оборудования необходимо знать: общие требования по обеспечению БП при отказах систем и оборудования ВС, при их испытаниях; принципы назначения ограничений характеристик ВС в ожидаемых условиях эксплуатации, требования к руководству по летной эксплуатации.

Литература [1] с.89-112; [2] с.64-83.

### Вопросы для самопроверки:

1. Что включает понятие «ожидаемые условия эксплуатации»?
2. Общие требования к летной годности ВС.

## **Раздел 5. ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ**

Тема: Влияние эксплуатационных факторов на надежность функциональных систем ВС

Характеристика ожидаемых условий эксплуатации функциональных

систем (ФС) ВС и их влияние на БП. Влияние температуры окружающей среды и основные отказы, вызванные отклонениями температурных условий. Вибрации и механические воздействия на ФС, влияющие на надежность и БП. Характерные отказы и неисправности функциональных систем ВС.

#### Методические указания

При изучении влияния ФС на БП необходимо выяснить основные эксплуатационные факторы, действующие в ожидаемых условиях эксплуатации, особенности их проявления в различных системах ВС и методы обнаружения отказов и неисправностей.

Литература [2] с. 140-145.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите факторы, влияющие на надежность ФС.
2. Характерные отказы в работе ФС, их влияние на безопасность полетов и способы устранения.

#### Тема: Обеспечение БП при подготовке ВС к полетам

Основные недостатки инженерно-авиационной службы при подготовке к полетам. Особенности технического обслуживания ВС при подготовке к полетам. Подготовка экипажа к полетам. Подготовка к полетам ВС с отказами и неисправностями, не влияющими на БП. Подготовка и порядок устранения неисправностей, полученных с борта ВС. Повторные неисправности и их устранение.

#### Методические указания

При рассмотрении данной темы необходимо выяснить характерные отказы и неисправности по вине инженерно-авиационной службы при подготовке к полетам. Обратить внимание на особенности подготовки. ВС с отказами, не влияющими на БП.

Литература [1] с.130-135; [2] с.145-150.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Назовите характерные ошибки инженерно-авиационной службы при техническом обслуживании ВС при подготовке их к полетам.
2. Особенности подготовки ВС к полетам с отказами и неисправностями, не влияющими на БП.
3. Как производится устранение неисправностей, информация о которых получена с борта ВС?
4. Порядок устранения повторных неисправностей на ВС.

Тема: Особенности подготовки ВС к полетам в осенне-зимний и весенне-летний периоды

Влияние природно-климатических факторов на надежность авиационной техники: температуры и влажности воздуха, атмосферных осадков, пыли и

механических примесей, солнечной активности и инсоляции, электролизации, ветра, биологических факторов. Особенности подготовки ВС к эксплуатации в различные времена года. Методы защиты ВС от наземного обледенения.

#### Методические указания

При изучении данной темы необходимо познакомиться с основными факторами, определяющими особенности эксплуатации ВС в различное время года. Обратит внимание на подготовку АТ к эксплуатации в осенне-зимний и весенне-летний периоды.

Литература [2] с. 150-161.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите особенности эксплуатации в условиях низких и высоких температур.
2. Влияние осадков, пыли, ветра, солнечной активности и других факторов на БП.
3. Что включает в себя подготовка ВС к полетам при переходе к осенне-зимней и весенне-летней навигации.

Тема: Специальное техническое обслуживание после попадания в особые условия или случаи полета

Особые условия и случаи полета, после которых проводится специальное техническое обслуживание. Особенности технического обслуживания после поражения молниями, статическим электричеством. Особенности осмотра обшивки планера, обтекателей радиолокационных станций, наружных антенн, датчиков, приемников, разрядников статического электричества, силовых установок.

#### Методические указания

При ознакомлении с данной темой необходимо изучить особые условия и случаи полета, при которых необходимо специальное техническое обслуживание ВС с целью обеспечения его дальнейшей безопасной эксплуатации. Необходимо знать особенности осмотра ВС в этих случаях и меры, применяемые для обеспечения БП.

Литература [2] с. 162-168.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите особые условия и случаи полета, при которых необходимо специальное техническое обслуживание.
2. Какие дополнительные виды работ проводятся при грубой посадке, воздействию на ВС атмосферного электричества и других особых случаях полета?
3. Особенности осмотра пораженных частей ВС.

Тема: Сбор, учет и обработка информации о надежности авиационной техники

Цели и назначение системы сбора, учета и обработки информации о надежности авиационной техники. Состав и содержание документов учета информации об отказах и неисправностях, угрожающих БП. Система управления исправностью авиационной техники. Организация исследований объектов аварийной и отказавшей авиационной техники.

#### Методические указания

При изучении данной темы ознакомиться с целями и задачами системы сбора, учета и обработки информации о надежности авиационной техники. Особое внимание уделить оформлению документов и технологии обработки данных по отказам и неисправностям, влияющим на БП. Ознакомиться с организацией исследований объектов аварийной и отказавшей техники. Литература [2] с. 169-175.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Как проводится сбор, учет и обработка информации о надежности авиационной техники.
2. Назначение и структура системы управления исправностью авиационной техники.
3. Каков порядок организации исследований объектов аварийной и отказавшей авиационной техники?

### **Раздел 6. ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ СБОРА И ОБРАБОТКИ ПОЛЕТНОЙ ИНФОРМАЦИИ**

Тема: Использование технических средств регистрации полетной информации

Назначение и классификация технических средств сбора полетной информации. Бортовые средства сбора параметрической информации (БССПИ). Требования НЛГС к БССПИ. Магнитные средства регистрации полетной информации (МСРП), их характеристики и структура: МСРП-12-96, МСРП-64-2, МСРП-МВЛ.

#### Методические указания

При изучении темы необходимо знать основные принципы измерения полетной информации, и как они реализованы в реальных конструкциях. Привести примеры, дать основную характеристику бортовых средств регистрации параметров полета. Знать отличие аварийных и эксплуатационных накопителей полетной информации.

Литература [1] с.162-172; [2] с.176-188.

### Вопросы для самопроверки:

1. Для чего предназначены и как используются технические средства сбора и регистрации параметров полета?
2. Как классифицируются БССПИ по назначению и принципу записи?
3. Расскажите о назначении и структуре МСРП-12-96, МСРП-64-2, МСРП-МВЛ.

Тема: Анализ летной деятельности экипажа и технического состояния ВС по данным бортовых самописцев

Принципы экспресс-анализа полетной информации. Технология обработки и использования анализов полетной информации. Автоматизированные системы обработки параметрической информации. Оценка безопасности полетов по данным полетной информации.

### Методические указания

При изучении темы необходимо ознакомиться с техническими средствами обработки полетной информации. Особое внимание уделить автоматизированной системе обработки параметров полета (Луч-84). Знать ее структуру, блок-схему и формы представления экспресс-информации. Литература [1] с.172-184; [2] с.189-215.

### Вопросы для самопроверки:

1. Какие технические средства обработки полетной информации Вы знаете?
2. Расскажите о назначении и программном обеспечении системы "Луч-84". Каким образом на осциллограммах находятся характерные моменты конкретного полета?

Тема: Автоматизированная система предотвращения авиационных происшествий в гражданской авиации (АС ПАП ГА)

Назначение многоуровневых автоматизированных систем управления (МАСУ) "Безопасность". Основные характеристики подсистем АС ПАП ГА. Источники информации, пользователи. Основные задачи, решаемые АСУ "Безопасность-1", "Безопасность-2", "Безопасность-3". Назначение подсистем АСУ "Безопасность УВД", "Эффективность", "Надежность АТ", "Надежность полета»" и др.

### Методические указания

При изучении темы необходимо знать назначение и структуру автоматизированных АСУ «Безопасность». Особое внимание обратить на задачи, решаемые с помощью МАСУ "Безопасность" всех уровней.

Литература [1] с.184-189; [2] с.208-215.



Вопросы для самопроверки:

1. Расскажите о назначении и структуре АС ПАП ГА.
2. Какие задачи решаются с помощью подсистем АСУ "Безопасность-1", АСУ «Безопасность-2», АСУ "Безопасность-3".
3. Назовите источники информации и пользователей АС ПАП ГА.

## **Раздел 7. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В ОЖИДАЕМЫХ И ОСОБЫХ УСЛОВИЯХ И СЛУЧАЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

Тема: Обеспечение БП на различных этапах полета

Характеристика ожидаемых условий эксплуатации. Обеспечение БП при подготовке ВС к полету. Обеспечение БП при взлете ВС. Взлет ВС в условиях сдвига ветра. Летные ограничения при полетах по маршруту. Обеспечение БП при снижении и посадке.

Методические указания

При изучении данной темы необходимо ознакомиться с характеристикой ожидаемых условий эксплуатации на различных этапах полета. Особое внимание уделить мероприятиям при подготовке к полетам, летным ограничениям (предельным и эксплуатационным), а также расчету характеристик полета.

Литература [1] с. 136-153.

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте характеристику ожидаемых условий эксплуатации.
2. Как обеспечивается БП на различных этапах: при подготовке к полету, на взлете, на маршруте, посадке?

Тема: Обеспечение БП в особых условиях

Характеристика особых условий. Обеспечение БП: в зонах обледенения, сильной болтанки, в условиях грозовой деятельности, в горной, малоориентир-ной местности и над водным пространством, над полярными районами.

Методические указания

По данной теме необходимо познакомиться с характеристиками особых условий полета. Знать особенности эксплуатации ВС в этих условиях и меры предупреждения отказных состояний при попадании в особые условия. Литература [1] с.159-161; [2] с.42-47.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите мероприятия по обеспечению БП в зонах обледенения.
2. Назовите мероприятия по обеспечению БП в условиях грозовой деятельности и в зонах сильной болтанки.

3. Обеспечение БП в горной, слабоориентируемой местности и над водным пространством.

Тема: Обеспечение БП в особых случаях

Характеристика особых случаев. Обеспечение БП при отказе одного из двигателей при разбеге ВС. Дистанции продолженного и прерванного взлета. Отказ двигателя (двигателей) в полете. Обеспечение БП при отказе основных систем ВС: топливной, гидравлической, радиотехнической (потеря радиосвязи). Возникновение на ВС пожара. Мероприятия по предупреждению и ликвидации пожара. Обеспечение БП при вынужденной посадке ВС вне аэродрома. Столкновение ВС с птицами.

Методические указания

При изучении материала по данной теме необходимо ознакомиться с характеристиками особых случаев полета. Знать особенности эксплуатации функциональных систем и воздушного судна в целом при возникновении особых случаев, а также основные мероприятия по их предупреждению.

Литература [3] с.47-60.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите мероприятия по обеспечению БП при отказе одного из двигателей при разбеге и в полете.
2. Перечислите мероприятия по обеспечению БП при отказе основных функциональных систем ВС.
3. Обеспечение БП при вынужденной посадке ВС вне аэродрома
4. Основные мероприятия по предупреждению столкновения ВС с птицами.

## **Раздел 8. АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫЕ РАБОТЫ И РАССЛЕДОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ (АП)**

Тема: Организация и проведение аварийно-спасательных работ

Организация поиска и спасания. Состав аварийно-спасательной службы. Руководство работами. Проведение поиска и спасания. Обязанности должностных лиц по организации поиска и спасания людей. Сигналы бедствия.

Проведение аварийно-спасательных работ. Аварийно-спасательная команда (АСК). Сигналы оповещения. Состав и задачи АСК, оснащенность техническими средствами. Сроки готовности расчетов и их действия на месте АП. Эвакуация поврежденного ВС из летной зоны аэродрома, методы и сроки эвакуации. Организация обучения личного состава АСК предприятий ГА.

Методические указания

При изучении организации и проведении аварийно-спасательных работ

необходимо прежде всего познакомиться с системой поиска и спасания, принятой в ГА. Знать состав и обязанности должностных лиц службы организации поиска и спасания людей (аварийно-спасательной команды), оснащенность техническими средствами, сроки годности расчетов и их действия на месте, организацию эвакуации поврежденного ВС из летной зоны аэродрома, методы и сроки эвакуации.

Литература [1] с.190-202; [2] с.216-242; [3] с.62-64.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Назовите обязанности должностных лиц по оповещению и проведению аварийно-спасательных работ.
2. Состав и назначение АСК, оснащенность техническими средствами.
3. Методы, сроки эвакуации поврежденного ВС из летной зоны аэродрома

Тема: Организация и проведение расследования авиационных происшествий в ГА

Общие положения. Роль расследования АЛ в предупреждении аварийности в ГА. Принципы и методы. Цель расследования. Содержание первоначального сообщения об АП. Действия должностных лиц до прибытия комиссии.

Комиссия по расследованию АП. Организация и состав. Порядок работы комиссии. Права и обязанности членов комиссии. Этапы расследования. Организация работы и задачи подкомиссии: летной, технической, административной. Рабочие группы инженерно-технической комиссии. Определение причин, моментов и последовательности разрушения ВС. Выводы по результатам расследования. Разработка мероприятий по предупреждению аналогичных АП. Оформление материалов.

#### Методические указания

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на роль расследования АП и инцидентов в профилактике АП, познакомиться с методами и принципами расследования. Знать организацию и состав комиссии по расследованию АП и инцидентов, порядок работы и этапы расследования. Особое внимание уделить организации по расследованию работ АП инженерно-технической подкомиссии и разработке мероприятий по предупреждению АП по аналогичным причинам.

Литература [1] с.202-215; [2] с.243-268; [3] с.60-62, 64-74.

#### Вопросы для самопроверки:

1. Какие принципы положены в основу расследования АП?
2. Организация и состав комиссии по расследованию АП.
3. Этапы расследования и порядок работы комиссии.
4. Организация и цель работы летной, инженерно-технической и административной подкомиссий.

5. Разработка мероприятий по предупреждению аналогичных АП.

## **Раздел 10. ПРОФИЛАКТИЧЕСКАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПО ПРЕДОТВРАЩЕНИЮ АП**

Тема: Основные требования по предотвращению АП

Требования по предотвращению АП при разработке, изготовлении и эксплуатации ВС. Предотвращение АП при различных видах обеспечения полетов. Основные направления работ в эксплуатационных предприятиях по предотвращению АП.

### Методические указания

При изучении данной темы необходимо ознакомиться с комплексом мер по предупреждению АП в ИКАО и СНГ. Знать основную концепцию предотвращения АП, принятую в ИКАО и РФ. Изучить требования по обеспечению БП на всех этапах создания, изготовления и эксплуатации ВС при различных видах обеспечения полетов. Познакомиться с системой обязательных и добровольных сообщений по вопросам безопасности полетов. Литература [1] с.216-234; [2] с.46-63.

### Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные направления работ по предотвращению АП.
2. Назовите общие требования по предотвращению АП на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации ВС.
3. Основные задачи и направления деятельности по предотвращению АП в эксплуатационных подразделениях при различных видах обеспечения полетов.
4. Назначение и информационное обеспечение системы сообщений по вопросам безопасности полетов в ГА РФ.

Тема: Мероприятия по исключению актов незаконного вмешательства на воздушном транспорте

Руководящие документы и их основные положения по борьбе с незаконным вмешательством в деятельность гражданской авиации. Организация режимно-охранного обеспечения безопасности полетов и перспективы ее развития. Обязанности авиационного персонала по пресечению актов незаконного вмешательства. Ответственность лиц, причастных к террористической деятельности.

### Методические указания

При изучении данной темы необходимо знать основные руководящие и нормативные документах по борьбе с актами незаконного вмешательства в деятельность ГА. Особое внимание уделить организации режимно-охранного обеспечения. Необходимо знать обязанности авиационного персонала по

пресечению актов незаконного вмешательства.

Литература [1] с.234-237.

Вопросы для самопроверки:

1. Назовите руководящие документы и их основные положения по борьбе с незаконным вмешательством в деятельность ГА.

2. Перечислите основные направления деятельности режимно-охранного обеспечения.

3. Обязанности авиационного персонала по пресечению актов незаконного вмешательства.

## **КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ПО БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ**

Выполнение контрольной работы в соответствии с приведенными ниже заданиями является одним из этапов изучения учебной дисциплины "Безопасность полетов". Цель контрольных работ - закрепление студентами навыков проведения инженерного анализа, углубление и обобщение знаний, полученных студентами в процессе обучения, а также творческое их применение при решении конкретных инженерных задач по оценке и повышению уровня безопасности полетов при эксплуатации авиационной техники.

Прежде чем приступать к выполнению контрольного задания, следует изучить соответствующие разделы учебной дисциплины, а также внимательно прочитать настоящие методические указания к контрольным заданиям.

Студент выполняет контрольное задание согласно своему шифру. Номер варианта задания определяется последней цифрой шифра. Например, шифр М-060248. Номер варианта в этом случае определяется цифрой "8".

По согласованию с преподавателем кафедры "Безопасность полетов и жизнедеятельности" студент может получить индивидуальное задание для выполнения контрольной работы. Такое индивидуальное задание обычно предусматривает расчет показателей БП в конкретном авиапредприятии, где работает студент, оценку эффективности мероприятий, проводимых в данном авиапредприятии по повышению БП, и другие задачи, основанные на решении их для конкретного ВС, его функциональных систем.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Рассчитать статистические и вероятностные показатели безопасности полетов, если известны следующие данные (таблица 1).

$k$  - количество ВС данного типа, ют;

$t_i$  - налет  $i$ -го ВС за рассматриваемый период, ч;

$N_i$  - среднее количество полетов одного ВС за рассматриваемый период,

$t$  - продолжительность одного полета, ч;

$n_{АП (ИН)}$  ~ количество АП или инцидентов за рассматриваемый период эксплуатации, шт;

Причина АП (№ гр):

1 - падение тяги двигателя;

2 - отказы радиоэлектронного и приборного оборудования;

3 - разрушение силовых элементов планера.

Таблица 1

№№ ва- риантов	$K$	$N_i$	$t$	Причина АП (№ гр)	$n_{АП}$	$n_{ИН}$
1	2	3	4	5	6	7
1	44	300	6	1	5	15
				2	0	17
				3	4	0
2	38	600	4	1	4	15
				2	0	14
				3	5	0
3	65	1000	3	1	3	14
				2	0	15
				3	4	0

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7
4	40	1700	2	1	8	14
				2	0	17
				3	2	0
5	39	1300	2	1	2	15
				2	0	14
				3	3	0
6	41	1100	2,5	1	3	13
				2	0	13
				3	3	0
7	48	1200	2,5	1	4	15
				2	0	13
				3	4	0
8	60	900	3,5	1	3	15
				2	0	14
				3	3	0
9	83	2000	1,5	1	4	13
				2	0	17
				3	3	0
0	62	1500	1,5	1	5	14
				2	0	15
				3	4	0

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

1)  $T_{АП}$  - средний налет на одно АП

$$T_{АП} = \frac{\sum_{i=1}^K t_i}{n_{АП}}$$

где  $K$  - количество ВС данного типа;

$$t_i = N_i t$$

2)  $T_{ИН}$  - средний налет на один ИН

$$T_{ИН} = \frac{\sum_{i=1}^K t_i}{n_{ИН}}$$

3)  $N_{АП}$  - среднее количество полетов, приходящихся на одно АП

$$N_{АП} = \frac{\sum_{i=1}^K N_i}{n_{АП}}$$

4)  $N_{ИН}$  - среднее количество полетов, приходящихся на один инцидент

$$N_{ИН} = \frac{\sum_{i=1}^K N_i}{n_{ИН}}$$

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ БП

Уровень безопасности полетов можно определить, используя общие и частные показатели БП. К общим показателям можно отнести:

$Q$  - уровень риска,  $P_{АП}$  - вероятность отсутствия авиационных происшествий за определенное суммарное время налета.

По данным массовой эксплуатации непосредственно могут быть определены статистические оценки этих показателей:

$$Q = \frac{n_{АП}}{N}; \quad P_{АП} = e^{-n_{АП}}; \quad (1)$$

$N$  - суммарное число выполненных полетов,

$t_1$  - суммарное время налета,

$n_{АП}$  - количество АП. Полученные таким образом оценки являются приближенными, случайными, так как число авиационных происшествий  $n_{АП}$  за рассматриваемый период, в общем-то, случайно, оно могло быть как больше, так и меньше зарегистрированного значения.

Погрешность определения показателей безопасности полетов возможно оценить, определив доверительные интервалы, в которых с определенной степенью достоверности находятся истинные значения этих показателей.

Из соотношений (1) видно, что для этого необходимо определить доверительный интервал для величины  $n_{АП}$ . Последний может быть найден, если воспользоваться допущением о пуассоновском распределении числа авиационных происшествий. Вероятность определенного числа авиационных происшествий  $n_{АП}$  по этому распределению определяется выражением



$$P_{АП} = \frac{a^{n_{АП}}}{n_{АП}!} e^{-a}; \quad (2)$$

где  $a$  - неизвестный параметр распределения.

В качестве оценки параметра " $a$ " может быть принято зафиксированное статистическое число авиационных происшествий  $n_{АП}$ /т.е.

$$a = n_{АП}.$$

Распределение оценки  $a$  как случайной величины в случае распределения Пуассона оказывается тесно связанным с  $\chi^2$  - распределением.

Это обстоятельство позволяет выразить доверительный интервал для оценки " $a$ " и следовательно, для величины  $n_{АП}$  через значения  $\chi^2$ . Математическая статистика дает для этого случая соотношение

$$\frac{1}{2}\chi^2 \frac{1+\beta}{2}(f_1) \leq n_{АП} \leq \frac{1}{2}\chi^2 \frac{1-\beta}{2}(f_2) \quad (3)$$

$f_1 = 2n_{АП}, f_2 = 2(n_{АП} + 1)$  - числа степеней свободы, в функциях которых по таблицам определяются величины  $\chi^2$  для заданной доверительной вероятности  $\beta$ .

Таблица 2

$n_{АП}$	$\chi_{0,975}^2(f_1)$	$\chi_{0,025}^2(f_2)$	$n_{АП}$	$\chi_{0,975}^2(f_1)$	$\chi_{0,025}^2(f_2)$	$n_{АП}$	$\chi_{0,975}^2(f_1)$	$\chi_{0,025}^2(f_2)$
0	0	6	5	3,25	23,24	10	9,59	36,78
1	0,0506	11,14	6	4,40	26,12	11	10,98	39,36
2	0,484	14,45	7	5,63	28,85	12	12,40	41,92
3	1,24	17,53	8	6,91	31,53	13	13,84	44,46
4	2,18	20,48	9	8,24	34,17	14	15,31	46,98

Если  $n_{АП} \geq 15$  то для вычисления  $\chi^2$  можно воспользоваться приближенными формулами, имеющими при  $\beta=0,95$  вид:

$$\begin{aligned} \chi_{0,975}^2(f_1) &= \frac{1}{2}(\sqrt{2f_1} - 1,96)^2 \\ \chi_{0,025}^2(f_1) &= \frac{1}{2}(\sqrt{2f_1} + 1,96)^2 \end{aligned} \quad (4)$$

При известных границах  $n_{АП1}$  и  $n_{АП2}$ , используя соотношение (1), можно определить доверительные границы для показателей безопасности полетов

$$Q_1 = \frac{n_{АП1}}{N}; \quad Q_2 = \frac{n_{АП2}}{N}; \quad (5)$$

$$P_{АП1} = e^{-n_{АП2}}; \quad P_{АП2} = e^{-n_{АП1}}$$

Такой же подход может быть применен при определении доверительных границ для вероятностей отсутствия инцидента или опасного отказа в одном полете, для среднего времени налета на один инцидент  $T_{ИН}$  или опасный отказ  $T_0$  и вероятностей отсутствия этих факторов за рассматриваемый период.

Пример: За 100000 полетов зарегистрировано 18 авиационных происшествий и 520 инцидентов. Требуется определить  $Q_{АП}, Q_{ИН}$  при  $\beta=0,95$ .

По формулам (4) определяем:

$$\chi_{0,975}^2(36) = \frac{1}{2}(\sqrt{4*18} - 1,96)^2 = 21,25$$

$$\chi_{0,025}^2(38) = \frac{1}{2}(\sqrt{2*19} + 1,96)^2 = 53,45$$

Используя последовательно соотношения (3) и (5), получим

$$1,06*10^{-4} \leq Q_{АП} \leq 2,67*10^{-4}$$

Проделав аналогичные вычисления для инцидентов, будем иметь

$$47,75*10^{-4} \leq Q_{ИН} \leq 56,5*10^{-4}$$

Итак, для оценки уровня безопасности полета требуются статистические данные по числу авиационных происшествий (инцидентов к ним) и общему количеству выполненных полетов.

По одному статистическому показателю, например, налету на одно авиационное происшествие (инциденту), получить количественную оценку достигнутого уровня безопасности полета не представляется возможным.

Достоверность получаемых оценок возрастает с увеличением объема статистики по числу выполненных полетов или суммарного налета. Поэтому такие оценки могут быть получены или в крупных авиационных объединениях, или за достаточно длительный период эксплуатации. Эти оценки являются интегральными, учитывающими совокупное влияние на безопасность полета всех факторов: надежности авиационной техники, обученности личного состава, сложности решаемых задач и т.д. Существенное влияние на показатели уровня безопасности полета оказывают мероприятия, проводимые в масштабах управлений или ГА в целом. Поэтому по тенденции изменения показателей можно судить о влиянии этих мероприятий на уровень безопасности полетов. Оценку безопасности полета по статистическим данным можно производить не только интегрально по всем факторам и мероприятиям, но и по каждому из них в отдельности. Методика расчета  $Q_{АП}$  и  $Q_{ИН}$  остается прежней, только под  $n_{АП}$  и  $n_{ИН}$  нужно понимать число авиационных происшествий и инцидентов сю  $i$ -му фактору.

Вклад  $i$ -го фактора в общий уровень аварийности определяется не только частотой его появления в полете, но и степенью опасности его последствий.

## РАНЖИРОВКА НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ФАКТОРОВ

Важной задачей анализа статистики аварийности является выявление факторов, оказывающих наиболее отрицательное влияние на уровень безопасности полетов. По этим факторам разрабатывают и реализуют первоочередные профилактические мероприятия, направленные на повышение безопасности полетов. Выявление наиболее опасных факторов в общем случае связано с ранжировкой факторов по определенным показателям безопасности полета. В некоторых случаях такая ранжировка очевидна из самой практики эксплуатации и не требует проведения каких-либо расчетов по специальной схеме. Во всех других случаях для ранжировки целесообразно использовать методы статистического сравнения.

Допустим, что требуется произвести ранжировку факторов по показателю уровня риска  $Q$ , т. е. расположить их в порядке убывания вклада каждого в аварийность. Казалось бы, что эта задача решается весьма просто расположением факторов в порядке убывания числа АП по каждому из них.

Однако такая ранжировка будет случайной, так как положенные в ее основу числа АП по каждому из факторов являются случайными. Если по  $i$ -му и  $j$ -му факторам произошло соответственно  $n_i$  и  $n_j$  АП, причем  $n_j > n_i$ , то этот факт еще не обязательно означает, что  $j$ -й фактор более аварийен, чем  $i$ -й. Такое утверждение с определенной степенью достоверности будет верно, если  $n_j$  значительно превышает  $n_i$ . Для установления такого факта математическая статистика предлагает критерий статистического сравнения

$$u = \sqrt{2} \left( \sqrt{n_j - \frac{1}{2}} - \sqrt{n_i + \frac{1}{2}} \right) \quad (6)$$

Так как величины  $n_i$  и  $n_j$  случайные, то и величина  $u$  также случайна. Она полагается нормально распределенной с параметрами распределения  $(0,1)$ .

Для этой величины назначается критическая граница  $u_{кр} = u_{1-\alpha}$  на определенном уровне значимости  $\alpha$ . Величина имеет смысл вероятности отвергнуть проверяемую гипотезу  $Q_j = Q_i$ , в то время как она в действительности верна.

Обычно принимают  $\alpha = 0,01 \dots 0,1$ . В статистике называют  $u_{1-\alpha}$  квантилью распределения, в частности, при  $\alpha = 0,05$   $u_{1-0,05} = 1,64$ .

Если вычисленное по формуле (6) значение  $u$  превосходит  $u_{1-\alpha}$  т.е.  $u > u_{1-\alpha}$  то принимается гипотеза  $Q_j > Q_i$  (7)'

и, наоборот, если  $u < u_{1-\alpha}$ , то принимается альтернативная (конкурирующая) гипотеза  $Q_j = Q_i$  (8)

Принятие гипотез (7) или (8) со степенью достоверности  $1-\alpha$  (доверительной вероятностью) дает ответ на вопрос, случайным является

наблюдаемый результат  $n_j > n_i$  или неслучайным, закономерным.

**Пример:**  $n_j = 6$ ;  $n_i = 2$ . Оценить, является ли закономерным, что  $j$ -й фактор более аварийен, чем  $i$ -й. Оценку произвести при уровне значимости  $\alpha = 0,05$ . Вычисляем

$$u = \sqrt{2}(\sqrt{6 - 0.5} - \sqrt{2 + 0.5}) = 1.08$$

Произведя сравнение,

$$u = 1,08 < u_{0,95} = 1,64,$$

делаем вывод о том, что  $j$ -й и  $i$ -й факторы по их вкладу в уровень аварийности статистически неразличимы и наблюдаемый фактический результат,  $n_j = 6 > n_i = 2$  можно отнести к разряду случайных, а не закономерных. По изложенной процедуре с использованием критерия (6) попарно сравнивают все  $n$  факторов, причем число сравнений

$$m = \sum_{\nu=1}^{n-1} (n - \nu).$$

По результатам попарного сравнения заполняют специальную таблицу (табл.3).

Таблица 3

Фактор	1	2	...	i	...	j	...	n	$\Sigma$
1	-	-1	...	1	...	0	...	0	0
2	1	-	...	-1	...	0	...	-1	-1
⋮	...	...	-	...	...	...	...	...	...
I	-1	1	...	-	...	-1	...	0	-1
⋮	...	...	...	...	-	...	...	...	...
J	0	0	...	1	...	-	...	1	2
⋮	...	...	...	...	...	...	-	...	...
n	0	1	...	0	...	-1	...	-	0

В каждую ячейку  $ij$  таблицы на основании принятой гипотезы заносят:

0, если  $Q_i = Q_j$

-1, если  $Q_i > Q_j$

1, если  $Q_i < Q_j$  (9)

По правилу (9) заполняют ячейки таблицы, расположенные справа от главной диагонали, на которой ставят прочерки: фактор сам с собой не сравнивается. Принцип заполнения ячеек, расположенных слева от главной диагонали, ясен из самой таблицы и правила (9).

Ранжировка факторов производится в соответствии с алгебраическими суммами баллов: наиболее аварийному фактору соответствует наименьшая сумма.

**Пример.** За 3 года летной эксплуатации одного из типов самолетов статистика зафиксировала следующее распределение АП по основным группам причин: двигатель и его система управления (Д) — 9; система управления самолетом (С) — 5, планер и его системы (гидравлическая воздушная, топливная) П — 3, ошибки в руководстве полетами, технике пилотирования и эксплуатации самолета в воздухе (О) — 15. Выполнить статистическое сравнение отдельных групп причин и их ранжировку. Результаты попарного сравнения по критерию (б) приведены в табл. 4 (для краткости каждая группа причин в таблице обозначена ее начальной буквой).

Таблица 4

Сравниваемые группы причин	Соотношение АП	u	Статистическая гипотеза
Д/С	9/5	0,815	$Q_D = Q_C$
Д/П	9/3	1,48	$Q_D = Q_P$
Д/О	9/15	1,02	$Q_D = Q_O$
С/П	5/3	0,352	$Q_C = Q_P$
С/О	5/15	2,06	$Q_O > Q_C$
П/О	3/15	2,72	$Q_O > Q_P$

Из анализа табл. 4 следует, что вопреки разнице в числах АП уровни риска из-за отказов двигателя и системы управления статистически неразличимы, т. е. статистические данные не позволяют утверждать, что АП из-за отказов двигателя более вероятны, чем из-за отказов системы управления. Тот же результат получен для ряда других попарно сравниваемых факторов. Для окончательной ранжировки причин АП составлена таблица 5.

Из табл. 5 следует, что наибольшую угрозу безопасности полета создают ошибки, допускаемые при руководстве полетами, в технике пилотирования и эксплуатации самолета в воздухе. Вклады отказов системы управления и планера с его системами в уровень аварийности статистически неразличимы, хотя видимое различие существует (соответственно 5 и 3 АЛ). При отсутствии повторяющихся отказов этим конструктивным группам при разработке мероприятий должно быть уделено равное внимание.

Таблица 5

Группа причин	Д	С	П	О	Сумма баллов	Ранжировка
Д	-	0	0	0	0	2
С	0	-	0	1	1	3-4
П	0	0	-	1	1	3-4
О	0	-1	-1	-	-2	1



## СРАВНЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С НОРМИРУЕМЫМ

Безопасность полетов - это свойство авиационной транспортной системы, основным элементом которой является воздушное судно. Поэтому применительно к воздушному судну уместно применять термин «летная годность» для характеристики его способности осуществлять перевозки пассажиров и (или) грузов без угрозы для жизни и здоровья людей. В Нормах летной годности (НЛГС-3) приведены значения вероятностей возникновения в полете особых ситуаций для нормирования уровня летной годности. В частности, вероятность возникновения катастрофической ситуации, как следствия отказных состояний, для самолета в целом не должна превышать значения  $10^{-7}$  на один час полета (или на один полет) [5]. Вероятность возникновения аварийной ситуации, как следствия отказных состояний, для самолета в целом не должна превышать значения  $10^{-6}$  на один час полета (или на один полет). Для сложной ситуации нормируемое значение вероятности ее возникновения составляет величину  $10^{-4}$ . Вероятность возникновения усложнения условий полета не нормируется, однако в НЛГС-3 эта особая ситуация принимается событием не более частым, чем повторяющимся.

Реально статистика особых ситуаций (ОС) ограничена, причем часто весьма существенно. Поэтому оценки показателей летной годности содержат большой элемент случайности и оценить соответствие реального уровня летной годности нормируемому можно только в вероятностном смысле [4].

Если справедливо предположение о пуассоновском распределении числа ОС, то решение задачи сводится к статистическому сравнению оценочного значения параметра распределения  $a$  с нормируемым [4]. Предположим, что уровень летной годности для самолета нормируется средним налетом на час эксплуатации за суммарное время налета зафиксировано  $n_{ос}$  особых ситуаций. Тогда оценочный параметр распределения  $a^* = n_{ос}$ . Нормируемое значение этого параметра

$$a_n = t_{\Sigma} / T_{осн},$$

где  $T_{осн}$ , -нормируемый средний налет на одну ОС. При сравнении  $a$  и  $a_n$  проверяется нулевая гипотеза  $a = a_n$ , при одной из трех альтернативных гипотез:

$$a^* > a_n (T_{ос} < T_{осн}); \quad a^* < a_n (T_{ос} > T_{осн}); \quad a^* \neq a_n (T_{ос} \neq T_{осн}).$$

В первом случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости  $\alpha$ , если

$$a_n < 1/2 \chi_{1-\alpha}^2(f_1), \quad f_1 = 2n_{ос}. \quad (10)$$

Во втором случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости  $\alpha$ , если

$$a_n > 1/2 \chi_{\alpha}^2(f_2), \quad f_2 = 2(n_{ос} + 1).$$

В третьем случае нулевая гипотеза отвергается на уровне значимости  $\alpha$ , если величина  $a_n$  не принадлежит доверительному интервалу с границами

соответственно

$$1/2 \chi_{1-\alpha/2}^2(f_1) \text{ и } 1/2 \chi_{\alpha/2}^2(f_2).$$

Первый и второй случаи соответствуют принятию односторонних альтернативных гипотез, когда ясно, что фактический уровень летной годности или соответствует нормируемому, или больше (меньше) нормируемого. Третий случай соответствует принятию двусторонней альтернативной гипотезы, когда статистические данные не позволяют достаточно уверенно сделать вывод о том, больше или меньше нормируемого фактический уровень летной годности.

В настоящее время катастрофические и аварийные ситуации в полете в 85% случаев возникают в результате нарушений или ошибочных действий авиационного персонала. Поэтому сравнение реального уровня летной годности с нормируемым целесообразно проводить посредством оценки налета часов на одну сложную ситуацию.

Исходные данные (по вариантам) для расчета нормируемого значения параметра  $a_n$  и сравнения фактического уровня летной годности с нормируемым приведены в таблице 6.

Пример. Нормируемое значение вероятности возникновения сложной ситуации (см. выше) - 10~4 на час полета. Следовательно, средний налет на одну сложную ситуацию равен 10 часов. За суммарный налет парка данного типа самолетов за пятилетний период  $t_{\Sigma} = 24,3 \cdot 10^4$  часов произошло 30 сложных ситуаций. Таким образом, фактический налет на одну сложную ситуацию составил  $T_{CC} = 0,81 \cdot 10^4$  часов. Требуется сделать заключение о соответствии фактического уровня летной годности нормируемому на уровне значимости  $\alpha = 0,05$ .

Таблица 6

Исх. данные \ Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Тип ВС	Ил-62 М	Ил-76	Ил-86	Ту154 М	Ту154- Б	Ту-134	Як-42	Ан-12	Ан-24	Як-40
Среднее за период количество самолетов в парке	58	140	72	180	125	192	87	65	210	300
Средний за период налет на 1 среднесписочный самолет	4360	2507	3392	4202	4157	3673	3372	1627	2080	1380
Количество сложных ситуаций за период	19	37	23	39	34	33	24	21	29	31

В качестве альтернативной можно принять гипотезу

$$a > a_n (T_{CC} < T_{CCn}).$$

Вычисляем нормируемое значение параметра

$$a_n = 24,3 \cdot 10^4 / 10^4 = 24,3$$

По таблице определяем

$$\chi_{0,95}^2(60) = 43,19 \text{ или } 1/2 \chi_{0,95}^2(60) = 21,595$$

Так как в данном случае  $24,3 > 21,595$ , т.е.  $a_n > \frac{1}{2}\chi^2_{0,95}(60)$ , то по критерию (10) можно принять гипотезу о соответствии фактического уровня летной годности нормируемому.

Таблица 7

n	$\alpha$									
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,10	0,05	0,025	0,010	0,005
1	0,000039	0,00016	0,00098	0,0039	0,0158	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	0,211	4,61	5,99	7,38	9,21	10,60
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	0,584	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4	0,207	0,297	0,484	0,711	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5	0,412	0,554	0,831	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6	0,676	0,872	1,24	1,64	2,20	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7	0,989	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28



Продолжение таблицы 7

n	$\alpha$									
	0,995	0,990	0,975	0,950	0,900	0,10	0,05	0,025	0,010	0,005
8	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	21,96
9	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,21	25,19
11	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	17,28	19,68	21,92	24,73	26,76
12	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30
13	3,57	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82
14	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	31,32
15	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80
16	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27
17	5,70	6,41	7,56	8,67	10,08	24,77	27,59	30,19	33,41	35,72
18	6,26	7,01	8,23	9,39	10,86	25,99	28,87	31,53	34,81	37,16
19	6,84	7,63	8,91	10,12	11,65	27,20	30,14	32,85	36,19	38,58
20	7,43	8,26	9,59	10,85	12,44	28,41	31,41	34,17	37,57	40,00
21	8,03	8,90	10,28	11,59	13,24	29,62	32,67	35,48	38,93	41,40
22	8,64	9,54	10,98	12,34	14,04	30,81	33,92	36,78	40,29	42,80
23	9,26	10,20	11,69	13,09	14,85	32,01	35,17	38,08	41,64	44,18
24	9,89	10,86	12,40	13,85	15,66	33,20	36,42	39,36	42,98	45,56
25	10,52	11,52	13,12	14,61	16,47	34,38	37,65	40,65	44,31	46,93
26	11,16	12,20	13,84	15,38	17,29	35,56	38,88	41,92	45,64	48,29
27	11,81	12,88	14,57	16,15	18,11	36,74	40,11	43,19	46,96	49,64
28	12,46	13,56	15,31	16,93	18,94	37,92	41,34	44,46	48,28	50,99
29	13,12	14,26	16,05	17,71	19,77	39,09	42,56	45,72	49,59	52,34
30	13,79	14,95	16,79	18,49	20,60	40,26	43,77	46,98	50,89	53,67
40	20,71	22,16	24,43	26,51	29,05	51,81	55,76	59,34	63,69	66,77
60	35,53	37,48	40,48	43,19	46,46	74,40	79,08	83,30	88,38	91,95
120	83,85	86,92	91,58	95,70	100,62	140,23	146,57	152,21	158,95	163,65

## **ЛИТЕРАТУРА**

### **Основная**

1. Сакач Р.В., Зубков Б.В. и др. Безопасность полетов: Учебник для вузов. - М.: Транспорт, 1989.
2. Зубков Б.В., Аникин Н.В. Авиационное техническое обеспечение безопасности полетов: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. М.: Воздушный транспорт, 1993.
3. Зубков Б.В. Безопасность полетов. - Киев: Книга, 1983.
4. В.И.Жулев, В.С.Иванов, Безопасность полетов летательных аппаратов. - М.: Транспорт, 1986.
5. Единые Нормы лётной годности гражданских транспортных самолётов стран-членов СЭВ. -М.: ЦАГИ, 1985.

### **Дополнительная**

6. Зубков Б.В., Минаев Е.Р. Основы безопасности полетов: Учебное пособие для средних специальных учебных заведений,- М.: Транспорт, 1987.
7. Воробьев В.Г., Зубков Б.В., Уриновский Б.Д. Технические средства и методы обеспечения безопасности полетов. - М.: Транспорт, 1989.
8. Хамракулов И.В., Зубков Б.В. Эффективность использования полетной информации. - М.: Транспорт, 1991.