

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)

Кафедра технической эксплуатации
радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта

А.В. Прохоров, Е.В. Экзерцева

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Учебное пособие

*Утверждено редакционно-издательским советом МГТУ ГА
в качестве учебного пособия*

Москва
ИД Академии Жуковского
2020

УДК 629.735+621.37

ББК 0561.5

П84

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Московского государственного технического университета ГА

Рецензенты:

Колядов Д.В. (МГТУ ГА) – д-р техн. наук, профессор;
Губерман И.Б. (ГосНИИГА) – канд. техн. наук

Прохоров А.В.

П84 Введение в специальность [Текст] : учебное пособие / А.В. Прохоров,
Е.В. Экзерцева. – М. : ИД Академии Жуковского, 2020. – 104 с.

ISBN 978-5-907275-46-1

Данное учебное пособие издается в соответствии с рабочей программой учебной дисциплины «Введение в специальность» по учебному плану для студентов I курса специальности 25.05.03 всех форм обучения.

В учебном пособии «Введение в специальность» рассматривается комплекс вопросов, характеризующих историю и роль ГА, дан анализ национальных, межгосударственных и зарубежных руководящих документов, особенности подготовки специалистов на кафедре ТЭРЭО ВТ.

В учебном пособии рассмотрены вопросы, дающие представление о бортовом и наземном радиоэлектронном оборудовании воздушных судов и аэропортов, наземных радиолокационных системах, радионавигационном и связном оборудовании. Даны основы аэродинамики полета ВС, конструкции основных элементов и узлов ВС.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 26.06.2020 г. и методического совета 26.06.2020 г.

УДК 629.735+621.37

ББК 0561.5

Св. тем. план 2020 г.
поз. 22

ПРОХОРОВ Александр Валентинович, ЭКЗЕРЦЕВА Екатерина Вадимовна

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ

Учебное пособие

В авторской редакции

Подписано в печать 19.11.2020 г.

Формат 60x84/16 Печ. л. 6,5 Усл. печ. л. 6,045

Заказ № 658/0818-УП04 Тираж 35 экз.

Московский государственный технический университет ГА
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20

Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., д. 6А
Тел.: (495) 973-45-68 E-mail: zakaz@itsbook.ru

ISBN 978-5-907275-46-1

© Московский государственный технический
университет гражданской авиации, 2020

РАЗДЕЛ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ВУЗЕ

1.1 Правовые аспекты государственной политики в области высшего образования

Законодательство в области высшего образования регулируется Конституцией РФ, Федеральными законами и законами субъектов Российской Федерации.

Конституция Российской Федерации гарантирует гражданам России право на бесплатное получение высшего образования на конкурсной основе в государственном или муниципальном образовательном учреждении и на предприятии (Статья 43 Конституции РФ).

В Федеральном законе "Об образовании в Российской Федерации" отмечено, что высшееобразование в России — часть профессионального образования, имеющая целью обеспечение подготовки высококвалифицированных кадров по всем основным направлениям общественно полезной деятельности в соответствии с потребностями общества и государства, удовлетворение потребностей личности в интеллектуальном, культурном и нравственном развитии, углублении и расширении образования, научно-педагогической квалификации. (Статья 69).

Кроме законов образовательные отношения регулируются системой подзаконных нормативно-правовых актов, которая включает:

1. Федеральные подзаконные нормативно-правовые акты;
2. Подзаконные нормативно-правовые акты государственных органов субъектов Российской Федерации;
3. Нормативно-правовые акты органов местного самоуправления;
4. Локальные нормативно-правовые акты, принимаемые образовательными учреждениями.

В системе **федеральных подзаконных нормативно-правовых актов** наибольшей юридической силой обладают **нормативные указы Президента Российской Федерации** как главы государства.

Указами Президента РФ решаются вопросы, связанные с установлением размеров стипендий и предоставлением льгот студентам и аспирантам, закреплением мер социальной защиты работников образовательных учреждений, определением правового статуса отдельных видов образовательных учреждений, и др.

Среди федеральных подзаконных нормативно-правовых актов, принимаемых по вопросам образования, наиболее распространенным источником права выступают **нормативно-правовые акты Правительства РФ**. Свои нормативные решения Правительство принимает в виде **постановлений или распоряжений**.

Типовые положения об образовательных учреждениях соответствующего типа или вида закрепляют порядок деятельности образовательных учреждений, их специфические права и обязанности при осуществлении образовательной деятельности, управлении образовательными учреждениями, порядок государственного контроля за деятельностью образовательных учреждений, решают иные вопросы.

Среди локальных актов образовательного учреждения особое место занимает его **Устав**. Согласно части 12 статьи 32 Федерального закона «Об образовании», устав принимается трудовым коллективом образовательного учреждения. Устав закрепляет нормы права по основным вопросам организации и деятельности образовательного учреждения, в том числе его финансовую, хозяйственную деятельность, порядок организации, изменения и прекращения деятельности, права и обязанности участников образовательных отношений. При этом остальные локальные акты образовательного учреждения не могут противоречить его уставу.

Все подзаконные нормативно-правовые акты не могут содержать норм, противоречащих Конституции РФ, законам, а также нормативно-правовым актам Президента РФ и иных вышестоящих органов. При наличии таких противоречий действуют нормы акта, принятого вышестоящим государственным органом.

1.2 Система высшего образования Российской Федерации

Система высшего образования в Российской Федерации включает в себя:

- федеральные государственные образовательные стандарты, образовательные стандарты, образовательные программы различных вида, уровня и (или) направленности;
- организации, осуществляющие образовательную деятельность, педагогических работников, обучающихся и родителей (законных представителей) несовершеннолетних обучающихся;
- федеральные государственные органы и органы государственной власти субъектов Российской Федерации, осуществляющие государственное управление в сфере образования, и органы местного самоуправления, осуществляющие управление в сфере образования, созданные ими консультативные, совещательные и иные органы;
- организации, осуществляющие обеспечение образовательной деятельности, оценку качества образования;
- объединения юридических лиц, работодателей и их объединений, общественные объединения, осуществляющие деятельность в сфере образования

В Российской Федерации устанавливаются следующие уровни профессионального образования:

- 1) среднее профессиональное образование;
- 2) высшее образование - бакалавриат;
- 3) высшее образование - специалитет, магистратура;
- 4) высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации.

Структура высшего образования в России

Первый и второй уровни образования			
Вид образования	Бакалавриат	Специалитет	Магистратура
Образовательный центр при поступлении	Среднее общее образование или его эквивалент	Среднее общее образование или эквивалент	Бакалавриат Специалитет
Сроки обучения (очная форма)	4 года	Не менее 5 лет	2 года
Получаемый документ об образовании	Диплом бакалавра	Диплом специалиста	Диплом магистра
Дальнейшее обучение	Магистратура	Магистратура или аспирантура	Аспирантура
Третий уровень образования			
Вид образования	Аспирантура (адъюнктура – в вузах ВС и МВД России)	Ординатурапостдипломное образование, которое проводится для выпускников медвузов.	Ассистентура-стажировка подготовка творческих и педагогических работников высшей квалификации по творческо-исполнительским специальностям

Образовательный ценз при поступлении	Магистратура или специалитет	Высшее медицинское или фармацевтическое образование	Магистратура или специалитет в области культуры
Сроки обучения	3-4 года (очная), 4-5 (заочная)	Не более 2 лет	2 года, только очная форма
Выдаваемый документ об образовании	Диплом об окончании аспирантуры	Диплом об окончании ординатуры	Диплом об окончании ассистентуры-стажировки
Форма итоговой госаттестации	Три кандидатских экзамена, государственный экзамен, защита диссертации	Трехступенчатый квалификационный экзамен	Выпускная работа по творческо-исполнительской специальности

На программы бакалавриата и специалитета можно поступить на базе среднего общего образования, на программы магистратуры и подготовки кадров высшей квалификации — на базе высшего образования других уровней (не обязательно на бюджетной основе), для обучения по программам подготовки кадров высшей квалификации необходимо наличие высшего образования — специалитета, магистратуры.

В настоящее время, с 15 мая 2018 года, руководство образованием в Российской Федерации на федеральном уровне власти осуществляют Министерство просвещения РФ и Министерство науки и высшего образования РФ (Минобрнауки). В сферу ответственности первого входят вопросы общего и среднего профессионального образования, а второго — вопросы высшего образования и науки

1.3 Правовой статус университета и его структура.

Московский государственный технический Университет гражданской авиации (**МГТУ ГА**) является Федеральным бюджетным государственным образовательным учреждением высшего образования, которое подчиняется Федеральному агентству воздушного транспорта (**ФАВТ**) Министерства транспорта Российской Федерации (РФ).

Университет осуществляет свою деятельность в соответствии с Федеральными законами «Об образовании» и «О высшем и послевузовском профессиональном образовании», Типовым положением об образовательном учреждении высшего образования (высшем учебном заведении) РФ, нормативными актами Минобрнауки, Министерства транспорта РФ, ФАВТ и Уставом МГТУ ГА.

Руководство деятельностью Университета осуществляет **ректор**, которому подчинены проректора по соответствующим направлениям деятельности.

Общее руководство деятельностью Университета осуществляет **ученый совет**, который является выборным представительским органом, действующим на основании Устава МГТУ ГА. Возглавляет ученый совет ректор Университета – председатель ученого совета. В состав Ученого совета входят руководители Университета, ведущие ученые и преподаватели, студенты и аспиранты, а также представители структурных подразделений и профсоюзных организаций. Ученый совет реализует предоставленную Университетом автономию через самоуправление, необходимое для эффективного принятия решений в своей уставной деятельности на основе принципа сочетания единонаctionия и коллегиальности. Основным результатом деятельности ученого совета является решение совета, принятое на его заседании.

Следующим уровнем административного руководства, который непосредственно связан с организацией обучения студентов, являются **факультеты**. Возглавляют факультеты **деканы**, которые вместе со своими заместителями и методическим персоналом формируют **деканаты**. Деканаты курируют студентов нескольких направлений и специальностей.

Преподаватели, которые непосредственно проводят занятия, организационно объединены в **кафедры**. Кафедра - это базовое организационное звено вуза, которое определяет содержание и обеспечивает требуемое качество подготовки специалистов в соответствии с квалификационными требованиями, устанавливаемыми Федеральными государственными образовательными стандартами (ФГОС), учебными планами и программами. Выпускающие кафедры по направлениям и специальностям формируют облик специалиста на заключительных этапах обучения. Кафедры, как правило, входят в состав соответствующих факультетов. Отдельные кафедры Университета являются общеуниверситетскими, так как обеспечивают учебный процесс на нескольких факультетах.

Государственные образовательные стандарты и программы. Направления, специальности, специализации

Одной из современных тенденций развития содержания образования является его стандартизация. Это необходимость создания в стране единого педагогического пространства, благодаря которому будет обеспечен единый уровень общего образования, получаемого молодыми людьми в разных типах образовательных учреждений.

На основе Федеральных Государственных образовательных стандартов - ФГОС осуществляется Обучение по направлению или специальности

Под направлением или специальностью понимают совокупность знаний, умений и навыков, приобретенных в результате обучения и обеспечивающих постановку и решение определенных профессиональных задач.

Исходя из особенностей и характера направления или специальности, внутри их могут вводиться профили, маршруты, специализации, которые предполагают получение более углубленных профессиональных знаний в различных областях деятельности по выбранному направлению или специальности. Студент, обучающийся по данному направлению или специальности, может выбирать один из профилей, маршрутов подготовки или одну из специализаций.

Учебный план. Виды учебных занятий

Учебный план. На основе ФГОС учебное заведение разрабатывает **учебные планы** по направлениям и специальностям. Они регламентируют содержание, уровень теоретической и практической подготовки студентов вуза. В учебном плане указывается:

- перечень учебных дисциплин;
- перечень курсовых проектов, курсовых и контрольных работ;
- объем общих и аудиторных часов по каждой дисциплине;
- распределение дисциплин по курсам и семестрам;
- распределение учебных часов по видам учебных занятий;
- формы контроля знаний (зачеты, экзамены);
- время и продолжительность практик и дипломного проектирования.

На основе учебного плана учебным отделом Университета разрабатывается **расписание занятий**.

Учебный порядок. Обучение в Университете ведется на русском языке. Учебные занятия на дневной и заочной формах обучения проводятся по расписанию, составленному в соответствии с рабочим учебным планом. Учебный год дневной формы обучения состоит из двух семестров. После каждого семестра студентам предоставляются каникулы общей продолжительностью в течение года 7...10 недель.

Для проведения учебных занятий в аудиториях, лабораториях студенты делятся на учебные группы. Численность учебных групп устанавливается приказом ректора в зависимости от характера практических занятий. Для проведения лабораторных занятий группы делятся на подгруппы.

В каждой учебной группе, на каждом курсе или потоке, по представлению декана факультета, приказом по Университету назначается командир группы из числа наиболее успевающих и дисциплинированных студентов. Командиры групп, потоков, курсов подчиняются непосредственно деканам факультетов и проводят в группе (потоке, на курсе) все его распоряжения и указания.

Функции командира включают:

- персональный учет посещения студентами всех учебных занятий;
- представление в деканат факультета сведений о неявке или опоздании студентов на занятия с указанием причин опоздания;
- наблюдение за состоянием учебной дисциплины в группе на лекциях и практических занятиях, а также за сохранность учебного оборудования и инвентаря;
- своевременная организация получения студентами группы учебников и учебных пособий;
- выполнение распоряжений декана и заместителя декана, связанных с организацией учебной и учебно-воспитательной работы.

Распоряжения командира группы в пределах указанных выше функций обязательны для всех студентов данной группы. В каждой учебной группе ведется журнал установленной формы, который хранится у командира. Командир регулярно предъявляет в деканат журнал для проверки. Преподаватель производит запись в журнале о проведенном занятии под роспись.

За отличную и хорошую успеваемость, активное участие в научно-исследовательской работе, культурно-массовой и спортивно-массовой работе, в общественной жизни Университета для студентов устанавливаются следующие меры поощрения: надбавка к стипендии, объявление благодарности; награждение грамотой; награждение ценным подарком; выдача премии.

За нарушение учебной дисциплины и Правил внутреннего распорядка администрация Университета может применять следующие дисциплинарные взыскания: замечание; выговор; отчисление из Университета.

Виды учебных занятий. Основными видами учебных занятий в вузе являются: лекции, семинары, практические и лабораторные занятия, консультации, домашние задания, расчетно-графические работы, курсовые проекты, курсовые и контрольные работы, выпускные квалификационные работы – ВКР (дипломные проекты, дипломные работы, бакалаврские квалификационные работы, магистерские диссертации).

Лекция является одним из важнейших и наиболее сложных видов учебных занятий, на которой в устной форме систематически и последовательно излагается студентам теоретический учебный материал. На лекциях читается наиболее важный (узловый) материал. Каждая лекция должна быть логически завершенной и иметь целевую установку. Лекция требует от обучаемых хорошо развитого абстрактного мышления, а от преподавателя – умения руководить их мыслительной деятельностью. Все другие виды занятий так или иначе связаны с содержанием лекции, логически следуют за ней и опираются на нее.

Каждому студенту, слушающему преподавателя, рекомендуется вести конспект лекций. Делая записи, пометки, значительно легче сосредоточиться на подаваемом материале.

Рекомендуется записывать название и план лекции, основные мысли, те сведения, которые оказались новыми для вас или забытыми, формулировки определений, законов, излагаемые на доске выкладки, чертежи, рисунки и основные выводы. Не следует при конспектировании дословно записывать весь текст лекций. При составлении конспекта лекций необходимо уметь отличать главное от второстепенного, понимать и отражать связи между основными частями лекций, четко оформлять рисунки.

Следует обращать внимание на интонацию лектора, чтобы легче различать, что надо записать в конспект. По каждому предмету (дисциплине) необходимо иметь отдельную тетрадь. Чтобы запись лекции не мешала, а помогала умственной деятельности, следует применять различные вспомогательные технические приемы, которые дают возможность меньше писать, а больше думать.

Можно рекомендовать, например, такое составление конспекта лекций:

1. Оставлять поля в тетради, свободные места, что дает возможность дополнять конспект материалом учебника.
2. Разделять материал лекции на разделы, главы, параграфы и пункты, обозначая их порядковыми номерами.
3. Подразделять текст на абзацы, подчеркивая главное.
4. Формулы нумеровать, а особо важные - выделять рамочкой.
5. Применять различные условные знаки, скобки и т.п., а иногда и сокращать слова в записи.
6. Факты и примеры, иллюстрирующие общие положения, записывать сжато.
7. Вырабатывать умение слушать и следить за записью на доске и вести записи в тетради.

Семинар - важнейшая форма подведения итогов и контроля самостоятельной работы студентов над научной и учебной литературой.

Семинар обычно следует за лекцией и является формой усвоения и закрепления теоретического материала и проверки умения применять теоретические положения к решению практических задач. На семинарах студенты отрабатывают навыки ясного и четкого изложения своих мыслей по существу вопроса.

Следовательно, в ходе семинара педагогическое взаимодействие осуществляется не только и не столько по линии «преподаватель–студент», но и по линии «преподаватель–студент–студент».

Кейс семинар Специфика метода КС предполагает исследование реальной проблемы на основе представленной количественной и качественной информации, поиск, выбор и обоснование пути решения проблемы, который, по мнению слушателя, является оптимальным в сложившейся обстановке.

Типы кейсов:

- Практические кейсы, которые отражают реальные жизненные ситуации;
- Обучающие кейсы, основной задачей которых выступает обучение;
- Научно-исследовательские кейсы, ориентированные на осуществление исследовательской деятельности.

Практические занятия, проводимые в аудиториях, имеют целью связать теоретические знания, полученные на лекциях, с их практическим применением. На этих занятиях студенты обучаются методам и приемам решения конкретных задач, приобретают навыки их самостоятельного решения, учатся применению теории к практике.

Формы проведения практических занятий зависят от содержания изучаемой дисциплины, уровня подготовки студентов, имеющейся учебно-материальной базы и целей обучения. Основу этих занятий составляет практическая работа каждого студента по приобретению умений и навыков использования закономерностей и методов, составляющих содержание дисциплины, в профессиональной деятельности или в подготовке к изучению дисциплины, формирующих профессию выпускника.

Практические занятия могут проводиться в составе учебной группы или индивидуально с каждым студентом. В большинстве случаев на этих занятиях используются макеты, схемы, модели, разрезы изучаемых систем и агрегатов.

Лабораторные работы (занятия) проводятся, как правило, после проведения лекций по соответствующим темам учебных дисциплин и являются связующим звеном между теорией и практикой.

Лабораторные занятия проводятся методом выполнения эксперимента на лабораторном оборудовании с последующим анализом полученных результатов. К этим занятиям студенты должны готовиться заранее, руководствуясь соответствующими методическими пособиями и указаниями преподавателя.

Перед проведением лабораторного занятия студенты должны:

- знать тему и место проведения занятий;
- знать содержание работы, требования техники безопасности при ее проведении;
- получить допуск (коллоквиум), подтверждающий готовность студента к проведению занятия.

По окончании лабораторной работы проводится анализ и обработка полученных данных и составляется отчет с формулировкой выводов.

Лабораторные занятия способствуют усвоению основ теории и установлению в сознании студентов связи между теорией и практикой.

К практическим и лабораторным занятиям студент обязательно должен проработать соответствующий лекционный материал. Иначе теряется всякий смысл занятий. Студент должен усвоить основные определения, формулировки теорем и положений, все выводы и формулы, а также самостоятельно решить задачи и примеры, предложенные преподавателем.

Консультации - одна из форм проведения учебного процесса. С помощью консультаций преподаватель контролирует самостоятельную работу студентов и оказывает им помощь в работе с учебной и научно-технической литературой. Для студентов консультации являются формой разрешения затруднений при изучении лекционного и другого учебного материала.

Контрольное домашнее задание закрепляет материал читаемого раздела дисциплины путем решения примеров (задач) или расчета, например, устройства, процесса и т.д.

Расчетно-графическая работа предназначена для развития у студентов пространственного представления, например, конструкции или изображения схемы отдельного устройства, а также для выработки навыков по разработке и оформлению элементов конструкций и схем в соответствии с требованиями ЕСКД (Единой системы конструкторской документации).

Курсовые проекты (работы) - это учебные инженерные работы студентов, проводимые для приобретения навыков проектирования изделий или их узлов, а также систем и процессов в Гражданской авиации.

Перед студентами ставится задача разработать конкретное устройство (или его часть), выполняющее заданные функции с заданными параметрами.

Студентам предоставляется творческая свобода при самостоятельном выборе методов и средств решения поставленной задачи. Они должны при этом комплексно использовать всю совокупность знаний, навыков и умений, приобретенных на лекциях, семинарах, практических и лабораторных занятиях по конкретной дисциплине (или по нескольким учебным дисциплинам).

В соответствии с учебным планом для всех направлений и специальностей курсовое проектирование предусматривается, как правило, по основополагающим учебным дисциплинам. В результате проведения курсового проектирования студенты должны быть подготовлены к решению более сложной инженерной или научной задачи (проблемы), которую предстоит реализовать студенту на этапе дипломного проектирования.

Курсовое проектирование завершается выполнением курсового проекта или курсовой работы, которые защищаются студентами перед комиссией, назначенной заведующим кафедрой.

Курсовые проекты (работы) состоят из пояснительной записки и графической части. В пояснительной записке объемом 25...30 страниц излагается содержание выполненной работы. В графической части содержатся рисунки и чертежи, выполненные в соответствии с Единой системой конструкторской документации.

Учебные, производственные и преддипломные практики проводятся в сроки, установленные учебным планом.

Учебная практика является одним из основных видов подготовки студентов, в ходе которой формируются профессиональные первичные умения путем ознакомления с реальным производством по специальности и приобретения навыков работы в коллективе. Учебная практика является также начальным звеном подготовки студентов к работе на производстве. Она закрепляет и углубляет теоретические знания, готовит их к изучению последующих дисциплин, позволяет эффективнее знакомиться с основами будущей профессиональной деятельности. По итогам учебной практики предусматривается дифференцированный зачет на основе отчетов студентов.

Производственные и преддипломные практики проводятся под руководством преподавателей выпускающих кафедр на базе отраслевых предприятий и организаций, с которыми Университет заключает соответствующие договора.

Преддипломная практика проводится, как правило, по месту будущей работы выпускника. Руководителем преддипломной практики, как правило, является руководитель дипломной работы (проекта).

Производственная и преддипломная практики студентов являются важнейшей частью подготовки высококвалифицированных специалистов. Они позволяют студенту знакомиться с деятельностью предприятий, организаций и учреждений; изучать работу их служб; закреплять и расширять теоретические и практические знания; приобретать более глубокие практические навыки по своей специальности; собирать, обобщать и анализировать материал для дипломного проекта (работы).

При прохождении практик студенты должны строго придерживаться определенных обязанностей, с которыми можно ознакомиться на основании «Положения по проведению практик».

Дипломное проектирование является заключительным этапом обучения студента в вузе, а дипломный проект (работа) является выпускной квалификационной работой (ВКР), характеризующей степень соответствия уровня подготовки выпускника квалификационным требованиям по соответствующему направлению или специальности.

Основной целью дипломного проектирования является приобретение студентами навыков самостоятельного решения комплексных инженерных задач по совершенствованию процессов и систем технической эксплуатации и ремонта авиационной техники, способствующих успешной деятельности и быстрому вводу в строй выпускников Университета на инженерных должностях авиа-предприятий ГА.

Студент Университета, получивший высшее базовое образование и квалификацию **бакалавр**, может продолжить обучение в МГТУ ГА на следующем уровне образования – в Магистратуре - с последующей защитой **магистерской диссертации и присвоением квалификации - магистр**.

Образовательные программы подготовки магистров имеют научно-исследовательскую направленность и реализуются ведущими учеными Университета под руководством заведующих специальными кафедрами.

Организация самостоятельной работы. Самостоятельная работа по учебнику, учебному пособию, по первоисточнику и конспекту, решение задач и выполнение расчетно-графических работ (РГР) обеспечивает глубокое усвоение изучаемой дисциплины, развивает личные навыки необходимые специалисту и его практической работе. Лекции и практические занятия (ПЗ), являясь основными формами учебного процесса, дают только отправные данные, т.е. знания, позволяющие студенту правильно ориентироваться в изучаемой дисциплине при самостоятельной работе. Контроль за качеством СРС над учебным материалом осуществляется преподавателями, ведущими занятия, как путем выборочной или общей проверки на лекциях, ПЗ и консультациях, путем опроса и собеседования, так и при помощи карт контроля, тестирования, в том числе и с помощью ПЭВМ. Организационной основой самостоятельной работы студентов является график СРС на семестр. Он составляется для студентов всех курсов по каждой специальности.

Текущая, промежуточная и итоговая аттестации

Для контроля успеваемости студентов, обеспечения ритмичности их работы в течение семестра, а также для оперативного контроля над организацией, ходом и качеством учебного процесса в университете действует система аттестации

Эта система состоит из

- текущей (контроль успеваемости),
- промежуточной (зачеты, экзамены в сессию),
- итоговой (междисциплинарный экзамен и защита выпускной квалификационной работы (БКР)) аттестаций.

Текущая промежуточная и итоговая аттестация определяется: «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в МГТУ ГА»

Промежуточная аттестация студентов проводится в университете два раза в течение учебного года в виде зачетов и экзаменов.

Зачеты - это установленная учебным планом форма проверки успешного усвоения студентами знаний по дисциплинам или по семестровым курсам, по которым в данном семестре не предусмотрен экзамен. Эти зачеты называются еще теоретическими зачетами. Теоретические зачеты, зачеты по лабораторным работам и расчетно-графическим работам (кроме черчения), по учебной практике оцениваются отметкой “зачет”, “незачет”. По черчению, курсовым проектам (работам), производственной практике предусмотрены зачеты с дифференцированными оценками (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно). Зачеты по лабораторным и расчетно-графическим работам принимаются по мере их выполнения и защиты. Зачеты по курсовым проектам (работам) проводятся до начала экзаменационной сессии по мере их завершения на основе результатов их защиты.

Экзамены, установленные учебным планом по дисциплине, это форма аттестации, преследующая цель оценить полученные студентом теоретические знания, их уровень, развитие творческого мышления, степень приобретения навыков самостоятельной работы, умение анализировать и синтезировать полученные знания и применять их к решению практических задач. Экзамены сдаются по расписанию в период экзаменационных сессий, предусмотренных учебным планом. На подготовку к каждому экзамену отводится, как правило, не менее 3-х дней. Экзамены проводятся по билетам в устной или письменной форме. Принимает экзамен преподаватель, читающий курс лекций на данном потоке. Успеваемость студентов оценивается по 4-х бальной системе. Студенты, получившие на экзаменах в сессию неудовлетворительные оценки по трем и более дисциплинам, подлежат отчислению из университета за невыполнение учебного плана. Пересдача неудовлетворительной оценки по одному и тому же экзамену допускается не более двух раз.

Успешная сдача экзаменов и зачетов является основанием для перевода студента на следующий курс.

В вузах, имеющих государственную аккредитацию, проводится государственная итоговая аттестация ГИА в форме итогового междисциплинарного экзамена по специальности (ИМЭС), направлению (ИМЭН) и защиты выпускной квалификационной работы (ВКР).

Итоговый междисциплинарный экзамен проводится перед защитой ВКР и осуществляется государственными аттестационными комиссиями (ГАК), организуемыми в вузах по каждой основной профессиональной образовательной программе. ВКР является инженерной работой, воплощающей в себе комплекс приобретенных студентом знаний и умений за весь период обучения в вузе. ВКР выполняются под руководством опытных преподавателей или сторонних специалистов.

Научная деятельность студента (НИРС). С первых лет функционирования нашего вуза его преподаватели вместе со студентами занимались научным творчеством, проводили серьезные научные исследования, как правило, в свободное от занятий время. С поиска научной информации начинается любая научная работа. Завершиться НИР может рефератом, докладом на семинаре, научной конференции. Результаты НИР могут лечь в основу курсового и дипломного проектов. С целью поощрения научной работы студентов государство организует ежегодные конкурсы на лучшую научную работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам в высших учебных заведениях Российской Федерации. Студенты – лауреаты конкурса награждаются медалями и дипломами.

Научная деятельность студента является обязательным показателем при назначении президентской, правительственный и именной стипендий.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВНЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ И РФ РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ ГА

2.1. Основные международные руководящие документы ГА. История и роль ИКАО

Гражданская авиация – роль в хозяйстве страны

Целевое назначение ГА – перевозка пассажиров и грузов. Важно определить ее место в единой транспортной системе (ETC) страны и ее взаимодействие с другими хозяйственными отраслями страны. В соответствии с Воздушным кодексом РФ (ВЗК РФ)(ст.20) авиация страны подразделяется на гражданскую, государственную (военная, спецназначения и др.) и экспериментальную.

ВЗК РФ Статья 21. Гражданская авиация

1. Авиация, используемая в целях обеспечения потребностей граждан и экономики, относится к гражданской авиации.

2. Гражданская авиация, не используемая для осуществления коммерческих воздушных перевозок и выполнения авиационных работ, относится к авиации общего назначения.

ВЗК РФ Статья 22. Государственная авиация

«1. Авиация, используемая в целях осуществления функций государства и обеспечения решения указанных в настоящем пункте задач, относится к государственной авиации.

Государственная авиация, используемая для решения задач в области обороны Российской Федерации Вооруженными Силами Российской Федерации, привлекаемыми в этих целях другими войсками, воинскими формированиями и органами, относится к государственной военной авиации.»

«Государственная авиация, используемая для решения возложенных на федеральные органы исполнительной власти и Государственную корпорацию по космической деятельности "Роскосмос" задач в области обеспечения безопасности Российской Федерации, сфере обеспечения безопасности объектов государственной охраны, сфере

охраны общественного порядка, обеспечения общественной безопасности и противодействия преступности, а также в областях таможенного дела, космической деятельности, гражданской обороны, защиты населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, в том числе обеспечения безопасности людей на водных объектах и пожарной безопасности, относится к государственной авиации специального назначения.»

ВЗК РФ Статья 23. Экспериментальная авиация

«1. Авиация, используемая для проведения опытно-конструкторских, экспериментальных, научно-исследовательских работ, а также испытаний авиационной и другой техники, относится к экспериментальной авиации.

2. Использование экспериментальной авиации в коммерческих целях осуществляется в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.»

Воздушные суда (ВС) ГА, эксплуатирующиеся с целью получения прибыли, относятся к авиации авиакомпаний. ВС ГА, эксплуатирующиеся не с целью получения прибыли (ведомственные, спортивные, частные и др.), относятся к авиации общего назначения (АОН).

На долю воздушного транспорта (ВТ) приходится около 30% пассажирских перевозок между городами, а на дальних расстояниях – до 80% возрастают и грузовые перевозки. Особенно важна роль воздушных перевозок в районах Крайнего Севера, Сибири и Дальнего Востока, где ГА, взаимодействуя с железнодорожным, автомобильным, речным и морским транспортом, является важным (а иногда и незаменимым) звеном ЕТС. Самолеты и вертолеты ГА используются в геологии, сельском хозяйстве, при перевозке почты, при проведении аварийно-спасательных работ, на монтаже высотных конструкций, на строительстве нефтяных и газовых трубопроводов, в здравоохранении, разведке косяков рыбы, проводке судов в Арктике, на аэрофотосъемке, на охране лесов от пожаров, на установке опор линии электропередач, для обеспечения работы научных экспедиций, в работах по экологии и разведке природных ресурсов и т.д. В то же время ГА является крупным заказчиком для других хозяйственных отраслей страны. Так, авиационная промышленность разрабатывает и поставляет для ГА самолеты и вертолеты, радиотехническая промышленность производит все наземные и бортовые радиосредства для ГА, приборостроение обеспечивает ГА измерительной аппаратурой и приборными комплексами, у Министерства связи арендуются для ГА каналы связи и т.д. С Министерством обороны (которое имеет свою боевую и транспортную авиацию) ГА взаимодействует при управлении воздушным движением (УВД).

Государственное регулирование деятельности в области гражданской авиации осуществляется уполномоченным органом Министерством транспорта Российской Федерации (Минтранс России) в области гражданской авиации, в пределах, установленных этим органом, его структурными подразделениями и территориальными органами.

Согласно Постановлению Правительства РФ от 30.07.2004 N 395 (ред. от 14.03.2019) "Об утверждении Положения о Министерстве транспорта Российской Федерации":

"1. Министерство транспорта Российской Федерации (Минтранс России) является федеральным органом исполнительной власти в области транспорта, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере гражданской авиации, использования воздушного пространства и аэронавигационного обслуживания пользователей воздушного пространства Российской Федерации, авиационно-космического поиска и спасания, морского (включая морские порты), внутреннего водного, железнодорожного, автомобильного (включая проведение транспортного контроля в пунктах пропуска через государственную границу Российской Федерации), внеуличного, городского наземного электрического и промышленного транспорта, дорожного хозяйства,

эксплуатации и обеспечения безопасности судоходных гидротехнических сооружений, обеспечения транспортной безопасности, а также государственной регистрации прав на воздушные суда и сделок с ними и организации дорожного движения в части организационно-правовых мероприятий по управлению движением на автомобильных дорогах.

Министерство транспорта Российской Федерации осуществляет координацию и контроль деятельности подведомственных ему Федеральной службы по надзору в сфере транспорта, Федерального агентства воздушного транспорта.

Летательные аппараты и их классификация

Воздухоплавание – это выполнение полетов с помощью ЛА легче воздуха, т.е. использующих аэростатический принцип полета.

Авиация– это выполнение полетов с помощью ЛА тяжелее воздуха, использующих аэродинамический принцип полета.

Космонавтика – это выполнение полетов в космическом пространстве с помощью ЛА, использующих ракетодинамический и баллистический принципы полета.

Основной структурной единицей авиационного комплекса является *летательный аппарат*. Для гражданской авиации это, в основном, самолеты. Но общая картина будет не полной, если мы не рассмотрим весь спектр существующих воздушных судов. Они различаются не только по назначению (см. выше), но и физическим принципам своего функционирования.

Летательный аппарат– это устройство, предназначенное для совершения полетов в атмосфере или в космическом пространстве. В основе любого полета лежит преодоление силы тяжести. Это осуществляется за счет создания подъемной силы.

В зависимости от способа ее создания различают следующие принципы полета:

аэростатический– подъемная сила обеспечивается архимедовой силой, равной силе тяжести вытесненного ЛА воздуха;

аэродинамический– подъемная сила создается воздушным потоком, обтекающим ЛА при его движении;

ракетодинамический– подъемная сила определяется реактивной силой, возникающей в результате отбрасывания части массы ЛА;

баллистический– подъемная сила определяется силой инерции ЛА, летящего в поле сил тяготения за счет начального запаса скорости или высоты. Деятельность человека с использованием ЛА делится на три вида: воздухоплавание, авиация и космонавтика.

К аэростатическим ЛА относятся: свободные аэростаты, привязные аэростаты и дирижабли.

Аэростат– это ЛА легче воздуха. Он использует подъемную силу заключенного в газонепроницаемую оболочку подъемного газа, имеющего плотность меньшую, чем плотность атмосферного воздуха. Это может быть водород, гелий или теплый воздух. К оболочке подвешивается гондола, в которой размещается полезная нагрузка. Управление полетом свободного аэростата сводится к изменению высоты полета. Увеличение высоты полета производится путем сброса балласта или повышения температуры подъемного газа, уменьшение высоты – путем выпуска части газа через специальный клапан.

Дирижабль– это управляемый аэростат, состоящий из *корпуса, оперения и гондолы*. Дирижабль имеет *силовую установку*, размещаемую, как правило, на гондоле. С помощью силовой установки дирижабль может совершать управляемый горизонтальный полет. Изменение направления вектора тяги позволяет совершать взлет, спуск и висение.Свободные аэростаты используются для спортивных, исследовательских, военных и других целей.

Привязные аэростаты используются для подъема различной исследовательской аппаратуры, средств связи, метеозондирования. Дирижабли могут использоваться и использовались для выполнения транспортных операций, экспедиций, туристических полетов, в военных целях.

К ЛА, использующим аэродинамический принцип полета, относятся: самолеты, планеры, вертолеты, автожиры, орнитоптеры (махолеты).

Самолет – это ЛА тяжелее воздуха для полетов в атмосфере с помощью силовой установки, создающей тягу, и неподвижного относительно других частей ЛА крыла, на котором при движении в воздушной среде образуется аэродинамическая подъемная сила. Основными частями самолета являются: фюзеляж, крыло, оперение, шасси, система управления, силовая установка, комплекс бортового оборудования. Самолеты используются для выполнения транспортных операций, в военных целях, для проведения сельскохозяйственных работ, патрулирования, аэрофотосъемки, мониторинга, занятия спортом, туризма и др.

Планер – это бездвигательный ЛА тяжелее воздуха с неподвижным относительно других частей ЛА крылом для создания аэродинамической подъемной силы. Для взлета планера используются резиновые амортизаторы, наземные мотолебедки, автомобили, а также самолеты. В свободном полете планер движется вперед со снижением (планирует) под действием собственного веса. Горизонтальный полет или полет с набором высоты (парение) осуществляется благодаря использованию энергии восходящих потоков воздуха. Планеры бывают спортивные, экспериментальные и транспортно-десантные.

Вертолет (геликоптер) – это ЛА тяжелее воздуха, у которого подъемная сила и сила, необходимая для горизонтального полета (пропульсивная сила), создаются одним или несколькими несущими винтами. В отличие от самолета, подъемная сила, на крыле которого создается только при поступательном движении, несущий винт вертолета может создавать подъемную силу без поступательного перемещения ЛА. Благодаря этому, вертолет может совершать вертикальный взлет и посадку, а также находиться в режиме висения. Однако при прочих равных условиях (одинаковые взлетные массы и скорости полета) энергетические затраты на полет вертолета существенно больше, чем на полет самолета. Тем не менее, вертолеты широко используются как в военных целях, так и в гражданской авиации. Вертолеты бывают транспортные, сельскохозяйственные, санитарные, спасательные, вертолеты-краны для выполнения строительно-монтажных работ и др.

Автожир – это ЛА тяжелее воздуха, у которого подъемная сила создается свободно вращающимся несущим винтом (ротором), не имеющим привода от двигателя. Вращение несущего винта осуществляется под действием набегающего потока воздуха при поступательном движении автожира, которое обеспечивается в отличие от вертолета обычным тянувшим или толкающим воздушным винтом, вращаемым двигателем. В классической схеме автожир взлетает с разбега, как самолет. Однако существуют схемы, когда ротор раскручивается с помощью двигателя для осуществления вертикального «прыжкового» взлета. Преимуществами автожира перед самолетом являются небольшая минимальная скорость полета и малая взлетная дистанция, а перед вертолетом – простота конструкции. Однако автожиры не получили широкого распространения из-за того, что значительно уступают самолетам в скорости полета, а по сравнению с вертолетами – не могут зависать и осуществлять вертикальную посадку.

Орнитоптер (махолет) – это ЛА тяжелее воздуха, у которого подъемную силу и пропульсивную силу создают крылья, осуществляющие машущие движения, имитирующие движения крыльев птицы или насекомого. Разработка проектов орнитоптеров ведется со времен Леонардо да Винчи. Этот вид ЛА привлекает возможность сочетать преимущества

вертолета (вертикальный взлет и посадка, висение) и планера (при закрепленном крыле – возможность осуществлять поступательное движение, не используя энергии силовой установки).

Ракетодинамический принцип полета используют такие ЛА, как ракеты-носители, ракеты авиационные, геофизические и метеорологические ракеты и др. Баллистический принцип полета используют космические ЛА, головные части боевых ракет и др. Мы не будем подробно останавливаться на рассмотрении этих ЛА, т.к. они далеки от решения тех задач, которые стоят перед гражданской авиацией. Отметим лишь, что существуют ЛА, которые используют на разных этапах своего полета ракетодинамический, баллистический и аэродинамический принципы полета. Таковы, например, многоразовые воздушно-космические аппараты «Спейс шаттл» и «Буран».

В настоящее время разрабатываются проекты транспортных и туристических ЛА, которые также будут осуществлять полеты как в атмосфере, так и в космическом пространстве.

Гибридные ЛА, для создания подъемной силы используют сочетание аэродинамических и аэростатических принципов полета. У таких ЛА в качестве средств создания аэродинамической подъемной силы используются воздушные винты, а также расположенные под углом атаки корпус ЛА или крыло. Аэростатическая подъемная сила компенсирует вес конструкции ЛА, а аэродинамическая – вес коммерческой нагрузки. Кроме того, аэродинамическая подъемная сила используется для управления полетом ЛА в вертикальной плоскости.

Дистанционно пилотируемое воздушное судно (ДПВС). Беспилотное воздушное судно, пилотируемое с пункта дистанционного пилотирования.

Классификация самолетов производится по разным признакам и основному назначению летательных аппаратов. Классификации подаются летные, технические характеристики и типы использованных двигателей, кроме этих параметров, учитывается еще большое количество особенностей, которые и подразделяют самолеты на разные типы.

Классификация летательных аппаратов согласно приложению 7 «Национальные и регистрационные знаки воздушных судов» к Чикагской конвенции ИКАО

С учетом аэродинамической схемы:

Нормальная схема строения.

«Бесхвостка» – самолеты, выполненные в этой схеме аэродинамики, не имеют некоторых плоскостей на горизонтальном управлении. Управление осуществляют хвостовые плоскости.

«Утка» – в этой схеме продольные органы управления находятся в передней части крыла.

В зависимости от расположения крыла

По количеству установленных крыльев:

Полиплан.

Триплан – самолеты оснащены тремя крыльями.

Полугоризонтальный – нижнее крыло значительно короче, чем верхнее.

Конвертируемая – наиболее ярким представителем этого типа является самолет Ту-144.

Тандем – летательный аппарат, имеющий два крыла, которые расположены друг за другом.

Продольный триплан – хвостовое оперение горизонтального типа, а остальное – переходного типа.

Биплан – самолет с двумя крыльями, которые в большинстве случаев расположены один над другим.

Моноплан – самолеты с одной несущей поверхностью.

По типу расположения крыльев (монопланы):

Парасоль.

Среднеплан.
Высокоплан.

В зависимости от формы крыльев:

Круглое.
Прямоугольное.
Парabolическое.
Эллиптическое.
Треугольное.
Трапециевидное.
Кольцевое.
Овальное

Низкоплан.

В зависимости от типа стреловидности крыльев:

Прямое с углом стреловидности в 0 градусов.
Обратной стреловидности.
Изменяющейся стреловидности во время осуществления полета.
Прямой стреловидности.
Переменной стреловидности.

Особый тип строения крыла:

Арочное – использовалось для самолета конструктора Антонова, который обозначался как «Изделие 181».

В зависимости от хвостового оперения:

Нормальное:

с применением одного киля и стандартного горизонтального оперения.
Оперение на середине киля самолета.
Оперение на фюзеляже.
Оперение Т-образной формы в конце киля.
Крестообразное.

Двухкилевое:

П-образное.
Двухкилевое разнесенное.
Двухбалочное.
Коробчатое.
Многокилевое.
Y-образное.
V-образное.

В зависимости от используемого типа шасси:

Одноопорная схема – используется на гидросамолетах и планерах.

Велосипедный или двухопорный тип.
Трехопорный:

с носовой опорой;
с хвостовой опорой.

Четырехопорная схема.

Многоопорная система шасси.

В зависимости от используемых опорных элементов:

Лыжный.
Колесный.
Смешанный (колесно-лыжный).

Гусеничный.
Чашечный.
На воздушной подушке.

Летательные аппараты отличаются между собой и особенностями используемых силовых установок. Именно по этой характеристике самолеты подразделены на несколько категорий.

В зависимости от типа используемого двигателя самолеты классифицируют как:

Паровые.

Мускульные.

Поршневые (бензиновые и дизельные установки внутреннего сгорания).

Воздушно-реактивного типа (ВРД):

Турбореактивные.

Воздушно-реактивные пульсирующего типа.

Воздушно-реактивные прямоточного типа.

Турбовинтовые.

Двигатели турбовального типа
(используются на Ан-140).

Турбореактивные с двухконтурной схемой:

Турбовинтовентиляторные.

Турбовентиляторные.

Ракетный тип двигателей:

Твердотопливные.

Жидкостные.

Электрические.

В зависимости от количества установленных двигателей разделяют все самолеты на два типа: **однодвигательные и многодвигательные**.

В зависимости от расположения

двигателей на фюзеляже выделяют:

В носовом отсеке:

Посредине корпуса:

Снизу фюзеляжа.

Сверху фюзеляжа.

В хвостовом отсеке:

В самом отсеке и по бортам.

Ядерные.

Комбинированные.

Только по бортам фюзеляжа.

Сверху фюзеляжа.

На крыле:

Возле законцовок крыльев.

Посередине крыла.

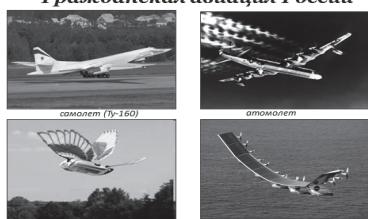
В корне.

Под крылом или над крылом на отведенных пилонах

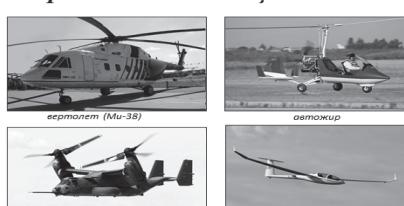
Гражданская авиация России



Гражданская авиация России



Гражданская авиация России



1. Обычно именуемый "аэростат-воздушный змей".

2. Может быть добавлено слово "полуплавающий" или "лодка".

3. Включает летательные аппараты с лыжными шасси (в таком случае "сухопутный самолет" заменяется на "самолет на лыжах").

4. Только для полноты схемы.

История развития ГА.

9 февраля 1923 года было принято Постановление об организации при Главном управлении воздушного флота Совета по гражданской авиации. На Совет, как на постоянный межведомственный орган, возлагались функции руководства и управления всеми сторонами деятельности гражданской авиации, в том числе открытие и развитие новых воздушных линий.

Созданная в 1922 году Инспекция гражданского воздушного флота была передана Совету в качестве его исполнительного и технического органа.

Была разработана трёхлетняя программа восстановления и расширения объектов авиационной промышленности на 1923...1926 годы.

Для освобождения страны от иностранной зависимости в области авиации конструкторское бюро А.Н. Туполева при ЦАГИ, Н.Н. Поликарпова и Д.П. Григоровича при заводе «Дукс» и другие ОКБ приступили к проектированию отечественных гражданских самолётов.

Весной 1923 года специалисты одесских авиаремонтных мастерских, возглавляемые В.Н. Хиони, построили двухместный учебно-тренировочный самолёт «Конёк-Горбунок». Всего было изготовлено 30 таких машин. Хорошие летно-технические данные (скорость - свыше 120 км/ч, потолок - 3200 м) позволили применять самолёт не только для обучения и тренировки лётчиков, но также и для уничтожения вредителей сельскохозяйственных культур.

В октябре 1923 года поднялся в воздух АНТ-1 – первый самолёт конструктора А.Н. Туполева. Это был лёгкий спортивный одноместный самолёт с двигателем «Анзани» мощностью 35 л.с. Самолёт развивал скорость до 135 км/ч.

В 20-х годах основным материалом конструкции самолётов было дерево. Разработка плана строительства металлических самолётов была поручена комиссии под руководством А.Н. Туполева.

В конце 1923 года инженеры ЦАГИ В.Л. Александров, В.В. Калинин и А.М. Черемухин сконструировали для гражданской авиации первый пассажирский четырехместный самолёт АК-1. Это была прочная и надёжная машина, развивавшая скорость до 146 км/ч и имевшая потолок 2200 м, эксплуатировалась на авиалинии Москва – Казань.

26 мая 1924 года над Москвой совершил полёт первый отечественный самолёт цельнометаллической конструкции АНТ-2.

С середины 20-х годов самолётостроение стало всё больше переходить на металлические конструкции. Появление прочного сплава и его применение в самолётостроении дало возможность изменить аэродинамические качества самолётов, найти более совершенные конструкции.

Одно из ведущих конструкторских бюро по созданию гражданских самолётов было организовано в Харькове инженером К.А. Калининым. В 1925 году им были построены трехместный самолёт К-1, затем К-2 и его санитарный брат К-3. Самолеты К-4 выпускались небольшой серией в пассажирском, санитарном и аэрофотосъёмочном вариантах.

В 1927 году конструкторский коллектив под руководством Н.Н. Поликарпова создал самолёт У-2 – биплан деревянной конструкции с полотняной обшивкой и мотором М-11, нашедший широкое применение как учебный, санитарный, сельскохозяйственный, транспортный, связной. На нем летчики охраняли от пожаров лесные массивы, вели разведку рыбных промыслов. Самолет при взлете весе 890... 1110 кг развивал крейсерскую скорость до 120 км/ч. Короткие (100...150 м) разбег и пробег позволяли эксплуатировать его на площадках ограниченных размеров.

В 1926 году завершились испытания первенца отечественного тяжелого самолетостроения АНТ-4 (ТБ-1). Этот двухмоторный цельнометаллический моноплан превосходил по своим данным все заграничные самолеты подобного типа. Он использовался как в военной, так и в гражданской авиации. Серийная постройка самолетов, имевших взлетный вес 6200 ... 7928 кг и скорость до 207 км/ч, началась во второй половине 1928 года.

В октябре 1928 года наша гражданская авиация впервые была представлена на международной выставке в Берлине, в которой участвовало 26 государств. Были представлены самолеты АНТ-3, У-2, К-4. Участие отечественной гражданской авиации в международной выставке привлекло внимание мировой общественности. Многие органы зарубежной печати одобрительно отзывались о советских машинах, отмечали достижения нашей страны в области авиации.

В середине 20-х годов были принятые меры по организации отечественного авиамоторостроения. В 1926 году конструктор А.Д. Швецов создал двигатель М-11 воздушного охлаждения. Который затем почти тридцать лет выпускался серийно и устанавливается на многих легких самолетах.

В развитии отечественного самолетостроения большая заслуга принадлежала ЦАГИ. Благодаря вводу в эксплуатацию новых, хорошо оборудованных лабораторий, мощной аэrodинамической трубы ЦАГИ стал подлинным центром научно-исследовательской работы в области авиации.

Авиационная промышленность постепенно увеличивала выпуск самолетов. В 1923 году их было изготовлено около 150, а в 1924 году – более 200. Знаменательным в истории авиации был 1925 год, когда страна отказалась от приобретения иностранных самолетов. Потребности в авиатехнике стали удовлетворяться за счет отечественного производства.

В январе 1925 года прошла реорганизация управления авиационной промышленностью. Все авиа предприятия были объединены в единую организацию, получившую название Авиатрест, и зачислены в список промышленных объектов общесоюзного значения, что ставило их в преимущественное положение по сравнению с предприятиями других отраслей промышленности и создавало благоприятные условия для работы.

В первые годы становления гражданского воздушного флота основным источником его пополнения специалистами различных категорий была военная авиация. В гражданскую авиацию поступало пополнение и из учебных заведений.

Авиационных инженеров готовили также в Киевском политехническом, Харьковском технологическом и некоторых других институтах. Пилоты и авиа техники для гражданской авиации готовились в Московской, Ленинградской, Качинской, Борисоглебской, Оренбургской и Вольской авиационных школах.

Делу подготовки кадров для гражданской авиации во многом способствовали аэроклубы, авиамодельные и планерные кружки.

15 июля 1923 года открылась первая в нашей стране регулярная воздушная линия Москва – Нижний Новгород. Первый рейс по этой трассе, освоенной год назад во время проведения Всероссийской ярмарки, выполнил известный летчик Я.Н. Моисеев.

С 1 августа 1928 года начались регулярные полеты гидросамолетов на линии Иркутск – Якутск с ответвлением от Витима на Бодайбо – крупный центр Ленских золотых приисков. Эта линия протяженностью 2706 км была одной из самых грузонапряженных и не имела себе равных по трудности географических и метеорологических условий.

В Средней Азии возникли Ташкентский и Душанбинский узлы воздушных сообщений. Вошли в строй авиалинии Москва – Ташкент, Ташкент – Душанбе, Чарджоу – Хива – Ташауз, Фрунзе – Алма-Ата. Прокладывались новые трассы на Украине, Северном Кавказе, в Закавказье.

Закладывались основы авиации специального применения.

Аэрофотосъемка имела важное значение для составления и обновления планов и карт, учета и размежевания земель, уточнения побережий морей, фарватеров рек, для решения других актуальных задач народного хозяйства.

Авиация стала оказывать существенную помощь исследователям Арктики.

Полярные летчики оказывали существенную помощь топографам, промысловикам и гидрографам. Они вели разведку ледовой обстановки, осуществляли проводку судов через ледовые поля, выполняли другие работы, способствующие освоению богатств этого сурогого края.

В плане на 1938...1942 гг. был сделан акцент на ускоренное развитие оборонной промышленности, создание крупных государственных резервов по топливу, электроэнергии и другим видам продукции, на перемещение производительных сил на Урал, Поволжье, Восток и строительство предприятий-дублёров.

Аэрофлот успешноправлялся с государственными заданиями. В это время он, как резерв военной авиации, был подчинён Наркому обороны К.Е. Ворошилову. В 1939 г. Аэрофлот на линиях союзного значения имел уже более 230 основных и 390 запасных аэродромов и около 810 - на местных линиях. Интенсивно проводились испытания новой техники, осваивались и внедрялись в эксплуатацию более комфортабельные пассажирские самолёты ПС-35, ПС-40, ПС-41. На важнейших магистралях появились хорошо зарекомендовавшие себя новые самолёты ПС-84 на 25 пассажиров с дальностью полёта до 2000 км, что значительно повысило регулярность движения и коммерческую загрузку линий.

В 1940 г. перевозки пассажиров возросли по сравнению с 1937 г. почти в 2 раза, грузов - в 1,3 раза, почты - в 1,6 раза.

Успехам работы авиаторов способствовал рост престижа СССР как авиационной державы. 1 февраля 1936 г. Советский Союз вступил в члены Международной авиационной федерации (ФАИ), которая за пять предвоенных лет зарегистрировала 124 мировых рекорда, установленных СССР. До этого СССР принадлежали 62 мировых рекорда из 168.

Годы Великой Отечественной войны стали серьёзным и трудным испытанием для гражданской авиации. В первые дни войны началась перестройка Аэрофлота на военный лад.

Фронтовые части ГВФ участвовали во всех крупных оборонительных и наступательных операциях советских войск. Они доставляли действующей армии боеприпасы, вооружение и ГСМ; эвакуировали раненых из прифронтовых зон в тыл, перевозили в госпитали медикаменты и консервированную кровь; обеспечивали деятельность партизанских отрядов; осуществляли воздушную разведку и ночное бомбардирование боевых порядков, опорных пунктов противника на поле боя и в ближайшем тылу; выполняли воздушно-десантные операции; разбрасывали в тылу противника листовки. Важнейшей задачей являлось поддержание постоянной воздушно-транспортной связи Москвы с фронтами и тылами, а также штабов фронта и воздушных армий с наземными и авиационными частями.

Героическим тружеником и бойцом фронтовых формирований Аэрофлота стал самолет ПС-84 (с сентября 1942 г. – ЛИ-2), вооруженный турбинными и хвостовыми пулемётными установками, а самым классовым – У-2 (с сентября 1944 г. – По-2). С первых дней войны он использовался как связной и санитарный (С-1 и С-2), а позднее – и как бомбардировщик. В 1943 г. каждый авиаполк ГВФ включал 60...80 самолётов У-2 и П-5; 3...5 Ли-2 и С-47.

В послевоенные годы в ГВФ продолжает поступать новая техника. С 1 июня 1947 года начались перевозки пассажиров на Ил-12, созданном ОКБ С.В. Ильюшина.

В марте 1948 года в подразделения Аэрофлота поступил Ан-2 (ОКБ О.К.Антонова). Он предназначался для перевозки пассажиров и грузов на местных линиях.

Новым шагом к техническому прогрессу Аэрофлота стало внедрение 36-местного пассажирского самолёта Ил-14, ставшего на долгие годы основным транспортным средством ГВФ. С 1954 года началось внедрение в эксплуатацию вертолётов Ми-1 и Ми-4. В середине 50-х годов аэропорты первого класса оборудовались курсоглиссадной системой посадки СП-50.

В мае 1956 г. в ГВФ поступает Ту-104 - самолет с двумя турбореактивными двигателями. Крейсерская скорость – 800...850 км/ч, максимальная - 1000 км/ч.

А в 1957 г. на испытания в Аэрофлот поступили первые отечественные турбовинтовые самолеты. Дальний магистральный Ту-114, разработанный в КБ А.Н.Туполева, имел высокие летно-технические характеристики: скорость 800 км/ч, дальность полета 7000...8000 км, он мог взять на борт 170...220 пассажиров.

Средний магистральный самолет Ил-18, созданный коллективом ОКБ С.В. Илюшина, развивал крейсерскую скорость до 650 км/ч.

В 1959 г. на базе пассажирского самолета Ан-10 был создан грузовой Ан-12, перевозивший грузы до 20 т весом.

В начале 60-х годов XX века на воздушные линии вышли самолеты Ту-124 и Ан-24, сыгравшие важную роль в улучшении воздушного сообщения на ближних магистралях и местных воздушных трассах, заменив на многих из них самолеты Ли-2 и Ил-14.

В 60-е годы XX века отечественная гражданская авиация была оснащена реактивными лайнерами второго поколения - Ил-62 и Ту-134.

Одним из лучших представителей второго поколения турбореактивных машин стал Ту-154 (крейсерская скорость самолета - 850 км/ч, перевозит более 160 пассажиров).

Началась эксплуатация реактивного самолета Як-40, разработанного ОКБ А.С. Яковleva.

В июле 1957 г. поднялся в воздух первый вертолет с двумя газотурбинными двигателями – Ми-6.

В различных отраслях народного хозяйства использовались многоцелевые вертолеты Ка-15, Ка-18. Начиная с 1967 г., стали выполняться полеты на вертолетах Ми-8, способных перевозить до 4 т груза с крейсерской скоростью - до 225 км/ч. В пассажирском варианте Ми-8 имеет 28 мест. С началом эксплуатации вертолетов Ми-8 стали возможны перевозки крупногабаритных грузов до 3т на внешней подвеске на расстояние до 15 км. В 1968 г. на эксплуатацию в гражданскую авиацию поступили вертолеты Ми-2 и Ка-26. Вертолет Ми-2, оснащенный двумя газотурбинными двигателями, имел крейсерскую скорость до 200 км/ч. В сельскохозяйственном варианте он поднимал до 900 кг химикатов. Производительность Ми-2 по сравнению с ранее поступившими в аэрофлот вертолетами Ми-1 и Ка-15 была в 2...2,5 раза выше, а себестоимость обработки одного гектара почти в 1,5 раза ниже.

Улучшению пассажирских перевозок способствовало поступление во второй половине 70-х годов на эксплуатацию Ил-86 - ширококорпусного самолета-аэробуса - представителя нового поколения отечественных пассажирских лайнеров.

Аэрофлот получил и 120-местный самолет Як-42. Так же как и Ил-86, он начал регулярные полеты с пассажирами в конце 1980 года.

В ноябре 1977 г. первый пассажирский рейс совершил самолет Ту-144, разработанный ОКБ Туполева. Это был первый в мире пассажирский сверхзвуковой самолет, способный достигать крейсерской скорости до 2500 км/ч и совершать полеты на высоте более 16 км.

В 1984 г. началась эксплуатация самолета-гиганта Ан-124 «Руслан», а также Ан-225 «Мрия».

Итоги работы в первый перестроочный период выявили отсталость и необходимость быстрого технического перевооружения Аэрофлота. Парк самолетов и вертолетов устарел, авиатехника уступала зарубежным аналогам по надежности и топливной эффективности.

Разработка и внедрение новых типов самолетов Ту-204, Ил-96-300, Ил-114, Ан-70, Ан-74 запаздывали.

Выдержки из доклада руководителя Росавиации Александра Васильевича Нерадько «Об итогах работы Федерального агентства воздушного транспорта в 2018 году, основных задачах на 2019 год и среднесрочную перспективу» на итоговой Коллегии 14 марта 2019 года: «В начале 2000-х годов, когда в парке российских авиакомпаний значительный удельный вес занимали региональные воздушные суда (ВС) класса 50- и 70- кресельных пассажирских ВС (в том числе Ту-134, стандартная одноклассная компоновка которого (Эконом) - 76 кресел, в дальнейшем без адекватной замены выведенный из эксплуатации), около 41% региональных авиапассажиров осуществляли свои полеты, минуя Москву. Далее, начиная с 2003 года, этот показатель быстро сокращался и в 2010 - 2015 гг., после кардинального перевооружения российского авиаапарка на современные ВС узко- и широкофюзеляжных моделей Airbus и Boeing, находился на уровне 24 - 25%.

В 2016 - 2018 гг., в основном вследствие реализации программ субсидирования региональных авиаперевозок, доля региональных пассажиров, осуществляющих полеты, минуя Москву, несколько выросла и к 2018 году достигла 26,8%.

За рассматриваемый период региональные авиаперевозки, минуя Москву, выросли от 5,4 млн пасс. (2000 год) до 18,4 млн пассажиров в 2018 году (16,48 млн пассажиров только на регулярных маршрутах), среднегодовые темпы роста составляли в 2000 - 2018 гг. около 7,1%, причем в 2014 - 2018 гг. темпы роста значительно увеличились и достигли 12%, а в 2018 году - 12,2%, что объективно подтверждает реальное влияние развивающихся в этот период федеральных и региональных программ субсидирования региональных авиаперевозок.»

Основные этапы развития Инженерно-авиационной службы ГА и службы эксплуатации РТОПиС.

Техническую эксплуатацию мы определяем как область научной и практической деятельности, направленной на поддержание летной годности ВС, обеспечение их потребной исправности и готовности к полетам.

Техническая эксплуатация вносит свой вклад в решение двух главных проблем ГА: обеспечение безопасности полетов ВС и обеспечение эффективности их использования. В этом и состоит ее основное предназначение.

В первые два десятилетия деятельности ГА структура эксплуатационно-технической службы, предшественницы современной инженерно-авиационной службы, была весьма простой, как и сама эксплуатируемая авиационная техника (АТ). Каждый самолет обслуживался закрепленным за ним старшим или младшим мотористом. Существовала система «закрепленного обслуживания». Комплектование инженерных должностей производилось из числа механиков-практиков. По мере поступления в эксплуатацию новых, более совершенных типов самолетов, совершенствуются и методы их технической эксплуатации.

С 1930 г. в Ленинградском, а с 1933 г. в Киевском институтах ГВФ началась подготовка инженерных кадров. Для проведения испытаний АТ, организации и проведения НИР в 1930 г. создается НИИ ГВФ (ГосНИИГА).

К 1935...1936 гг. объем пассажирских перевозок возрос настолько, что возникла необходимость перехода эксплуатационных предприятий на 2...3-х сменную работу. Система «закрепленного обслуживания» перестала отвечать требованиям новых задач, стоящих перед ГА. В этот период вводится новая система технического обслуживания самолетов, при которой технический состав не закрепляется за самолетом, а сводится в технические бригады, которые обслуживаются в течение смены все самолеты. Такая система технического обслуживания явилась значительным шагом вперед, т.к. она позволяла использовать самолеты в

течение суток, а также давала возможность более рационально использовать технический состав.

В послевоенный период авиационная промышленность стала поставлять более совершенные пассажирские самолеты. Перед ИАС ГА были поставлены задачи по дальнейшему совершенствованию методов технического обслуживания, основанных на более узкой специализации инженерно-технического состава, более широкой механизации процессов обслуживания, более прогрессивной организации труда. Решение этих вопросов было связано с внедрением новых форм организации технического обслуживания - сети линейных эксплуатационно-ремонтных мастерских (ЛЭРМ).

В 50-е годы формируется сеть ЛЭРМ. Их преимущества еще более проявились, когда в ГА стала массовой эксплуатация самолетов с ГТД (Ту-104, Ил-18, Ан-10 и др.). В данный период силами научно-исследовательских организаций, учебных заведений и эксплуатационных предприятий формируются научные организационно-методические основы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) новых для ГА типов самолетов. К 1963 г. ЛЭРМ были организованы в 63-х аэропортах ГА.

В 60-е годы в связи с возрастающими объемами работ по техническому обслуживанию АТ многие ЛЭРМ в крупных аэропортах по объемам работ, штатной численности инженерно-технического персонала (ИТП), Организации по ТО уже переросли организационные формы линейных мастерских. В 1966...1967 гг. ГосНИИГА готовит научное обоснование по реорганизации ЛЭРМ в авиационно-технические базы (АТБ) 5-ти групп в зависимости от класса авиапредприятия и объема работ. В этот период проводятся крупные исследования по разработке и внедрению новых режимов (программ) ТОиР самолетов с увеличенной в несколько раз периодичностью выполнения форм ТО. Проводятся исследования и внедряются в практику эксплуатации новые, существенно увеличенные ресурсы и сроки службы (до ремонта и межремонтные) самолетов и двигателей. Это был революционный период в развитии технической эксплуатации ВС.

Так, в 1962 г. были разработаны и утверждены новые, более прогрессивные регламенты технического обслуживания самолетов Ту-104, Ил-18 и Ан-10 с сокращенными объемами работ и увеличенной периодичностью их выполнения. Впервые введены периодические формы обслуживания, выполняемые через 500 и 1000 часов налета. Этим был сделан существенный, качественно новый шаг вперед. На периодических формах обслуживания простой самолетов в расчете на один час налета сократились на 46, а трудоемкость - на 13 процентов.

Аналогичные работы выполнялись и на самолетах с поршневыми двигателями - Ил-14, Ли-2, Ан-2, Як-12.

Решением указанных задач занимались большие группы специалистов ГосНИИ, линейных эксплуатационно-ремонтных мастерских аэропортов Внуково, Шереметьево, Борисполя, Ленинграда, Ростова-на-Дону, Свердловска, а также ОКБ и заводов авиационной промышленности.

Программой исследования предусматривались:

- во-первых, разработка предложений по изменению объемов регламентных работ и периодичности их выполнения на основе анализа статистических данных об отказах и повреждениях оборудования и функциональных систем самолетов;
- во-вторых, экспериментальная эксплуатационная проверка этих разработок. Проверка проводилась на группах самолетов, при этом в каждой из них было по семь самолетов одного типа.

В результате совместных усилий был обобщен опыт технического обслуживания самолетов в ряде подразделений, расположенных в различных районах страны. На основе

полученных материалов выявлена действительная потребность самолетов каждого типа в предупредительных работах и текущем ремонте с учетом их конструктивных особенностей и установлена соответствующая периодичность выполнения этих работ.

В 70-е годы в отрасли формируется сеть АТБ, закладываются основы новых научных направлений в области ТЭ ВС:

- по исследованию эксплуатационной технологичности ВС и оптимизации процессов их технической эксплуатации;
- по управлению процессами технической эксплуатации ВС и формированию программ их ТОиР;
- по технической диагностике и неразрушающему контролю технического состояния АТ;
- по информационному обеспечению поддержания летной годности ВС.

В эти годы учеными ГосНИИГА, МИИГА, КИИГА, РКИИГА положено начало работам по созданию основ теории ТОиР АТ по состоянию. Особенностью проводимых в этот период исследований является сочетание достаточно высокой степени формализации решаемых задач с четкой практической направленностью результатов исследований.

В 80-е годы ученые, работающие в сфере технической эксплуатации, инициируют и решают ряд важных для науки и практики задач. В частности, были продолжены исследования: по анализу и синтезу эксплуатационной технологичности ВС; управлению эффективностью ПТЭ ВС и оптимизации программ их ТОиР; по разработке и внедрению методов ТОиР АТ по состоянию; по развитию диагностической базы эксплуатационных предприятий.

По результатам выполненных исследований подготовлен ряд монографий, учебников, учебных пособий, по которым обучаются студенты и аспиранты и которые используются в практической работе предприятий. Прикладные результаты исследований нашли отражение в многочисленных государственных, межотраслевых и отраслевых нормативно-технических и нормативно-методических документах. К сожалению, многие из этих документов не могут работать в новых хозяйственных условиях (после распада СССР).

Содержание и объемы ТОиР современного ВС должны определяться не тогда, когда он уже окончательно изготовлен, и не по прототипу, как это зачастую делалось. Эта задача должна решаться конструкторами еще на этапах проектирования и начала постройки ВС одновременно с решением задач обеспечения его конструктивно-эксплуатационных свойств. Именно на ранних этапах должна формироваться программа ТОиР на длительный период эксплуатации ВС, которая, в свою очередь, служит основой при разработке эксплуатационно-технической документации. Задача разработки программ ТОиР является сравнительно новой для авиационной промышленности. Эта задача порождена потребностями эксплуатации. Успех её решения во многом зависит от того, как скоро будет разработано полное и эффективное методическое обеспечение по формированию программ и созданы необходимые информационные ресурсы.

В конечном итоге вопрос ставится так, чтобы одновременно с новым типом ВС Заказчику передавалась и программа его ТОиР на длительный период эксплуатации. В соответствии с данной программой заказчик обязан осуществлять своевременную подготовку потребной производственно-технической базы для эффективной технической эксплуатации ВС. Обеспечение потребного уровня конструктивно-эксплуатационных свойств ВС, наличие к началу их эксплуатации прогрессивных программ ТОиР и соответствующей им эксплуатационно-технической документации позволяет реализовать на практике принципиально новую концепцию обслуживания и ремонта, основанную на стратегии «по техническому состоянию». Это позволяет ввести в практику гибкие программы ТОиР, для большинства агрегатов и комплектующих изделий упразднить межремонтные ресурсы, для

ряда типов ВС отказаться от проведения весьма трудоемких капитальных ремонтов. В результате можно получить без ущерба для безопасности и регулярности полетов существенное (до 30 %) сокращение расходов на ТОиР, повысить показатели технического использования и исправности ВС.

Научно-технический прогресс в области технической эксплуатации ВС предполагает также радикальные изменения в развитии производственной материально-технической базы эксплуатационных и ремонтных предприятий, форм организации и управления процессами ТОиР. Производственная база предприятий гражданской авиации, занятых ТОиР авиационной техники, и её материально-техническое оснащение в настоящее время часто не соответствует техническому уровню эксплуатируемых ВС. Это снижает эффективность их использования. Для изменения существующего положения требуется строительство новых и реконструкция действующих ангаров, широкое внедрение в практику ТОиР современных средств технической диагностики и неразрушающего контроля, средств механизации и автоматизации производственных процессов. Данные задачи должны решаться с учётом проводимой работы по специализации и кооперированию производства, интеграции имеющейся производственной базы АТБ и ремонтных заводов.

В последнее время введены в действие отраслевые научно-технические программы по разработке и производству средств механизации и сокращения ручного труда. В целях технического перевооружения производственных процессов, внедрения современных средств механизации и автоматизации, создания благоприятных условий для работы и повышения производительности труда на предприятиях отрасли проводится аттестация продукции по категориям качества, организован пересмотр технических условий на серийную наземную технику.

Для обеспечения безопасности и регулярности полетов ВС гражданской авиации, формирования единой системы организации воздушного движения (ЕС ОрВД) в РФ существует “Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации” (ГК ОрВД).

Основные характеристики ЕС ОрВД:

- обслуживаемая площадь 25 млн. кв. км;
- протяженность маршрутов 57 000 км;
- средства радиолокации 400 ед.;
- средства радионавигации 2000 ед.

Миссия Преприятия:

Достижение лучших мировых показателей обеспечения безопасности, экономичности и регулярности воздушного движения квалифицированными, социально защищёнными кадрами на современном оборудовании.

Деятельность ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» осуществляется по следующим направлениям:

- совершенствование организации и контроля обслуживания воздушного движения (ОВД);
 - участие в формировании рациональной структуры воздушного пространства;
 - повышение уровня профессиональной подготовки персонала органов ОВД;
 - поддержание эксплуатационной готовности технических систем и средств ОВД;
 - участие в проведении единой технической политики в области модернизации и развития ЕС ОрВД;
 - повышение эффективности экономической и финансовой деятельности;
 - осуществление инвестиционной деятельности в области организации воздушного движения;

- содействие договорному регулированию социально-трудовых отношений и согласованию социально-экономических интересов работников и работодателей ФГУП «Госкорпорация по ОрВД».

Стратегические цели:

- обеспечение приемлемого уровня безопасности полётов до риска столкновения воздушных судов $1.5 \cdot 10^{-8}$ на час полёта при удовлетворении потребностей пользователей в увеличении объёмов перевозок;
- гармонизация с мировой аeronавигационной системой и интеграция в неё путём непрерывного технического и технологического развития;
- повышение качества предоставляемых услуг;
- развитие квалифицированного социально-защищённого, ориентированного на пользователя АНО персонала, обеспечивающего постоянное улучшение производственной деятельности;
- снижение отрицательного воздействия хозяйственной деятельности Предприятия на окружающую среду.

Перспективные задачи ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»:

- создание объединенных укрупненных центров УВД и структурирование их воздушного пространства;
- реализация организационных мероприятий и разработка документов в интересах внедрения RVSM в воздушном пространстве Российской Федерации;
- оптимизация маршрутов и процедур ОВД для увеличения потоков транзитных полетов над территорией РФ;
- переработка нормативных и правовых документов, регламентирующих организацию воздушного движения;
- внедрение в ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» системы менеджмента качества и подготовка к получению сертификата ИСО-9001;
- доведение владения диспетчерским составом РЦ и международных аэропортов английским языком до уровня, соответствующего требованиям ИКАО.

История развития радиоэлектронной техники



Рис.1 Аппарат, на котором А.С. Попов впервые продемонстрировал принцип радиосвязи.

Развитие радиоэлектронной техники характеризуется следующими этапами.

- 1895 год – А.С. Попов на заседании Физического отделения Российского физико-химического общества демонстрирует аппарат для приема электромагнитных волн
- 1896 год – А.С. Попов демонстрирует опыт радиотелеграфии
- 1897 год - А.С. Попов начинает первые опыты по радиотелеграфированию на кораблях Балтийского флота
- 1898 год – начало серийного производства радиостанций
- 1920 год – первая радиовещательная станция (США)

1927-1931 года – начало телевизионного вещания (оптико-механическая развертка) в СССР, США, Великобритании и Германии

1929 год – изобретение кинескопа, приемной телевизионной трубы (В.К. Зворыкин, США)

1940 год – создана система цветного телевидения с электронной разверткой

1945 год – появление основ теории информации

1957 год – запуск искусственного спутника Земли

1959 год – разработка системы цветного телевидения SECAM

1965 год – ввод в эксплуатацию международной системы спутниковой связи “Интелсат”

1979 год – первая система сотовой подвижной радиосвязи (Япония)

1988 год – ввод в эксплуатацию трансконтинентальной ВОЛС.

Главные научные направления в области технической эксплуатации ВС.

Роль эксплуатационной науки

Большая роль в решении задач дальнейшего развития технической эксплуатации ВС принадлежит эксплуатационной науке. Эксплуатационная наука относится к классу прикладных теоретических наук.

Направления развития:

1. Ориентация на технологии и модели взаимоотношений эксплуатанта и производителя ВС при покупке и в течение всегопериода эксплуатации;

2. Гармонизация национальных норм и правил в сфере ТЭ и ЛГ ВС со стандартами и рекомендациями ИКАО, FAA и JAA (EASA)

В отличие от практической эксплуатации, работающей в границах дозволенного и изученного, где все регламентировано различными нормативными и руководящими документами, эксплуатационная наука решает задачи за границами дозволенного, за границами летной годности ВС.

К задачам эксплуатационной науки относятся:

- расширение границ ожидаемых условий эксплуатации ВС;
- расширение норм на эксплуатационные повреждения компонентов ВС и двигателей;
- разработка новых концепций и систем ТОиР;
- разработка принципиально новых технологических процессов ТОиР;
- разработка современных методов формирования и корректировки программ ТОиР ВС на всех этапах жизненного цикла;
- установление оптимальных технически и экономически обоснованных ресурсов и сроков службы ВС до списания;
- разработка новых нормативно-технических и методических документов по важнейшим направлениям деятельности в сфере технической эксплуатации ВС.

При формировании содержания и объемов ТО и Р современного ВС должны учитываться те новые принципы конструирования авиационной техники, которые успешно реализуются в последние годы в целях повышения безопасности и регулярности полетов, упрощения и удешевления ТО и Р. К таким принципам можно отнести:

- обеспечение безопасной повреждаемости конструкций;
- обеспечение высоких значений показателей долговечности и живучести;
- применение встроенных и бортовых автоматизированных систем диагностирования функциональных систем и изделий;
- обеспечение высокой степени резервирования изделий и функциональных систем;
- обеспечение требуемого уровня живучести, эксплуатационной технологичности и контролируемой пригодности создаваемых конструкций.

Содержание и объемы ТОиР современного ВС необходимо определять не тогда, когда он уже окончательно изготовлен, и не по прототипу, как это зачастую делается. Данная задача должна решаться конструкторами еще на этапах проектирования и начала постройки ВС одновременно с решением задач обеспечения его конструктивно-эксплуатационных свойств.

В гражданской авиации принятая концепция новой системы организации ТОиР магистральных самолетов, которая предусматривает:

1. Отказ от капитальных ремонтов этих самолетов и упразднение применительно к ним понятий «ресурс до первого ремонта», «межремонтный ресурс»;
2. Проведение необходимых контрольно-восстановительных работ на планере «по состоянию» на протяжении всего периода эксплуатации самолета с совмещением таких работ с периодическими формами ТО;
3. Разработку единого технологического процесса ТО и Р;
4. Интеграцию информационной и производственной базы, трудовых и материальных ресурсов эксплуатации и ремонта, организации и управления производством.

Международная организация ГА (ИКАО)

Международная организация гражданской авиации (ИКАО, ICAO – International Civil Aviation Organization) – учреждение ООН, устанавливающее международные нормы гражданской авиации и координирующее ее развитие с целью повышения безопасности и эффективности полетов.

В настоящее время ИКАО объединяет 191 государство. Штаб-квартира ИКАО находится в г. Монреале (Канада). ИКАО существует с 1947г.

Нормативными документами ИКАО регламентируется регулирование международной гражданской авиации в сфере безопасности полетов, авиационной безопасности (защита от актов незаконного вмешательства), воздушного транспорта, охраны окружающей среды от воздействия авиации, воздушного права.

Полномочным органом ИКАО является Ассамблея, которая собирается на сессию один раз в три года, если не появляется необходимость в рассмотрении экстренных ситуаций. Ассамблея рассматривает проделанную ИКАО работу в технической, экономической, юридической, финансовой областях, в сфере оказания технической помощи, дает руководящие указания исполнительным органам ИКАО по направлениям деятельности.

Общая структура органов ИКАО представлена на схеме (рис.2).

Высшим постоянно действующим руководящим органом ИКАО является Совет в составе 36 государств, избираемых Ассамблей сроком на три года и возглавляемый Президентом Совета

Вхождение в Совет свидетельствует о ведущей роли государства в мировом авиационном сообществе. Избираясь в Совет с 1971 года, наша страна активно и плодотворно участвует в его работе.

Совет ИКАО всю территорию Земного шара разделил на 9 аэронавигационных районов:

1.Африки и Индийского океана (AIF). 2.Юго - Восточной Азии (SEA). 3.Европейский (EUR). 4.Североатлантический (NAT). 5.Североамериканский (NAM). 6.Южноафриканский (SAM). 7.Карибского моря (CAR). 8.Ближнего и Среднего Востока (MID). 9.Тихоокеанский (PAC).



Рис.2. Общая структура представительных органов ИКАО

Секретариат ИКАО - постоянный орган Совета, обеспечивающий работу ассамблей, Совета и других органов, а также региональных центров организации.

Российская Федерация является членом ИКАО с 14.11.1970 с учетом правопреемственности России с 26.12.1991 членства в ИКАО Советского Союза.

Ассамблея ИКАО собирается 1 раз в 3 года. Во главе Совета ИКАО - Президент. Во главе Секретариата ИКАО – Генеральный секретарь. В состав Совета избираются представители 33 государств сроком на 3 года.

Участие России в ИКАО имеет приоритетное значение для защиты политических, экономических и оборонных интересов нашей страны, для повышения ее роли и значимости в международном авиационном сообществе.

Участие России в ИКАО дает возможность:

- оказывать влияние на формирование политики ИКАО во всех сферах ее деятельности с учетом российских интересов;
- защищать и поддерживать решения, при которых российская гражданская авиация осуществляет беспрепятственную эксплуатацию российских воздушных судов и авиационной техники российского производства на международных авиалиниях;
- получать в рамках ИКАО информацию по передовому зарубежному авиационному опыту и внедрять его в отечественную практику;
- препятствовать принятию таких международных стандартов на различные виды деятельности воздушного транспорта, которые принесли бы материальный и финансовый ущерб отечественной авиации;
- сокращать сроки и материальные затраты на проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в отечественной авиации и промышленности;
- получать сведения по принципиальным и практическим проблемам авиации, способствующим устойчивому развитию отечественной гражданской авиации.

Использование требований, изложенных в документах ИКАО, лежит в основе разработки нормативных документов и наставлений, регламентирующих работу всех служб гражданской авиации РФ, авиационного персонала, самолетно-моторного парка, средств связи, организаций и технических средств службы управления воздушным движением.

История создания и развития ИКАО.

История ИКАО началась в 1944г. с проведения Чикагской конференции (52 государства) и принятия Чикагской конвенции о международной ГА. С 1948г. ИКАО является специализированным учреждением ООН. С 1970 г. СССР, а ныне его правопреемник Россия состоит членом Международной организации гражданской авиации - ИКАО (International Civil Aviation Organization). ИКАО является специализированным учреждением

ООН, призванным осуществлять международное сотрудничество в ГА в целях обеспечения безопасности, регулярности и экономической эффективности международных воздушных сообщений. В ноябре 1944 г. в Чикаго по инициативе США представители 52 государств обсудили проблемы международной ГА. Эта встреча, вошедшая в историю как Чикагская конференция, прошла без участия СССР. В ходе конференции было согласовано, что новая международная организация будет заниматься, в первую очередь, аeronавигационными вопросами, способствуя повышению безопасности полетов и их регулярности, а также экономическими вопросами, решения которых должны повысить эффективность и экономичность воздушных перевозок. Чикагская конференция закончилась подписанием Конвенции о международной ГА, получившей название Чикагской конвенции 1944 г., ряда других документов. Предусматривалось, что новая организация получит право на существование только после ратификации Конвенции 26 государствами. В 1948 г. вступило в силу соглашение между ИКАО и ООН, по которому ИКАО признавалась специализированным учреждением ООН.

Чикагская конвенция 1944г. как уставной документ ИКАО.

Задачи и руководящие документы ИКАО.

Целями и задачами ИКАО являются разработка принципов и методов международной аeronавигации и содействие планированию и развитию международного воздушного транспорта в целях:

- 1.Обеспечение безопасного и упорядоченного развития международной гражданской авиации во всем мире.
- 2.Поощрение искусства конструирования и эксплуатации воздушных судов.
- 3.Поощрение развития воздушных трасс, аэропортов и аeronавигационных средств для международной гражданской авиации.
- 4.Удовлетворение потребностей народов мира в безопасном, регулярном эффективном и экономичном воздушном транспорте.
- 5.Предотвращение экономических потерь, вызванных неразумной конкуренцией.
- 6.Обеспечение полного уважения прав Договаривающихся государств и справедливой для каждого Договаривающегося государства возможности использовать авиапредприятия, занятые в международном воздушном сообщении.
- 7.Исключение случаев дискриминации в отношениях между Договаривающимися государствами.
- 8.Обеспечение безопасности полетов в международной аeronавигации.
- 9.Содействие развитию международной гражданской аeronавтики во всех ее аспектах.

Конвенция состоит из преамбулы и четырех частей, включающих 22 главы (96 статей). В преамбуле, в частности, говорится о том, что страны заключили настоящую Конвенцию для того, чтобы международная ГА могла развиваться безопасным упорядоченным образом и международные воздушные сообщения могли устанавливаться на основе равенства возможностей и осуществляться рационально и экономично.Основными принципами Чикагской конвенции, изложенными в первой главе части I «Аeronавигация», являются:

- полный и исключительный суверенитет каждого государства над воздушным пространством (ВП) над своей территорией;
- обязательства Договаривающихся государств не использовать ГА в каких-либо целях, несовместимых с духом и целями Конвенции;
- применение Конвенции только к гражданским ВС, в отличие от государственных ВС, используемых на военной, таможенной и полицейской службах;
- обязательство Договаривающихся государств при установлении правил для своих государственных ВС обращать внимание на безопасность навигации гражданских ВС.

В других пяти главах части I Конвенции приведены основные положения, регламентирующие права и обязанности государств при выполнении регулярных международных воздушных сообщений и нерегулярных полетов; приведены правила государственного контроля и обслуживания ВС в аэропортах и меры содействия аeronавигации; требования и условия, которым должны отвечать ВС, а также изложен порядок разработки и принятия международных стандартов и рекомендуемой практики.

Часть II «Международная организация ГА», состоящая из 7 глав (24 статей), представляет собой Устав ИКАО. В нем изложены цели и задачи организации, структура ее представительных органов и их функции, общие требования к персоналу и бюджету организации.

Часть III «Международный воздушный транспорт» включает 3 главы (13 статей), в которых рассмотрены основные вопросы международных воздушных перевозок, обязанности предоставления информации и отчетов о деятельности авиапредприятий, установление государственных маршрутов полетов, аэропортов и аeronавигационных средств.

В части IV «Заключительные положения», состоящей из 6 глав (18 статей), обозначены договорно-правовые условия подписания и расширения соглашений в области ГА, порядок разрешения споров между государствами и т.д.

Конвенция вступила в силу 4 апреля 1947г. Официальными языками ИКАО являлись английский, французский, испанский и русский; арабский и китайский – рабочие языки.

ИКАО принимает большое количество юридических актов, унифицирующих правила полетов, требования к авиационному персоналу, нормам летной годности воздушных судов. Эти документы содержат различные правила и имеют соответствующие названия: "Стандарты", "Рекомендуемая практика", "Процедуры".

Стандарт - любое требование к физическим характеристикам, конфигурации, материальной части, летным характеристикам, персоналу и правилам, единообразное применение которого признано необходимым для обеспечения безопасности и регулярности международного воздушного движения, а его соблюдение - обязательным для всех государств - членов ИКАО.

Рекомендуемая практика - те же требования, что и в понятие "Стандарт", но их единообразное применение признано желательным и к соблюдению которых будут стремиться государства - члены ИКАО.

Любое положение принимающее статус Стандарта или Рекомендуемой практики (Рекомендаций) после утверждения его советом ИКАО, государства - члены ИКАО имеют право не принять тот или иной статус, но при этом они обязаны уведомить об этом Совет ИКАО в месячный срок. Внедрение Стандартов и Рекомендаций - трудоемко и дорогостояще.

Для упрощения решения этой задачи международные Стандарты и Рекомендации оформляются в виде Приложений к Чикагской конвенции (аннексов - от английского слова Annex).

Приложения к чикагской конвенции

В настоящие времена существует 18 приложений к Чикагской Конвенции:

1. **"Требования к личному составу гражданской авиации при выдаче свидетельств".** Определяются требования к квалификации, необходимые для получения свидетельств членов экипажа воздушного судна и наземного персонала, а также устанавливает медицинские требования для получения этих свидетельств (командир корабля - до 60 лет, штурман - без ограничений).

2. **"Правила полетов".** определяет общие правила полетов в целях обеспечения их безопасности, правила визуальных полетов (ПВП), правила полетов по приборам (ППП).

3. "Метеорологическое обеспечение международной аэронавигации". Определяет требования к метеорологическому обслуживанию международной аэронавигации и органам, обеспечивающим это обслуживание.

4. "Аэронавигационные карты". Определяет требования к аэронавигационным картам, необходимым для выполнения международных полетов воздушных судов.

5. "Единицы измерения, подлежащие использованию в воздушных и наземных операциях". Определяет размерность единиц, используемых для двухсторонней связи воздушных судов с землей. В этом приложении приводится таблица единиц измерения (3 системы), применяемых в ИКАО.

6. "Эксплуатация воздушных судов". Определяются минимальные требования к выполнению полетов при регулярном и нерегулярном международном воздушном сообщении, а также по производству любых полетов авиации общего назначения (за исключением выполнения авиационных специальных работ), обязанности командира воздушного судна.

- Часть I. *"Международный коммерческий воздушный транспорт"*.

- Часть II. *"Международная авиация общего назначения"*.

- Часть III. *"Международные полеты вертолетов"*.

7. "Государственные и регистрационные знаки воздушных судов". Определяются минимальные требования к маркировке для указания принадлежности и регистрационных знаков воздушных судов, а также порядок регистрации и выдачи свидетельств на воздушные суда.

8. "Летная годность воздушных судов". Определяет минимальный уровень летной годности воздушных судов, который необходим для признания государствами - членами ИКАО сертификатов летной годности других государств, воздушные суда которых выполняют полеты над территорией этих государств или над их территориальными водами.

9. "Упрощение формальностей при международных воздушных перевозках". Определяет требования в отношении упрощения паспортно-визового и санитарно-карантинного контроля, таможенных формальностей, формальностей при въезде, выезде и транзите пассажиров, а также оформления порядка прибытия и убытия воздушных судов.

10. "Авиационная электросвязь"(в пяти томах). Определяет требования к аэродромным и трассовым радионавигационным средствам, средствам радионаблюдения и предупреждения столкновений, рассматривает системы связи и передачи информации, а также устанавливает порядок использования радиочастот в ГА.

11. "Обслуживание воздушного движения". Определяет общие требования к обслуживанию воздушного движения, виды обслуживания воздушного движения, требования к диспетчерскому и полетно-информационному обслуживанию воздушного движения, аварийному оповещению, к делению воздушного пространства на верхнее и нижнее, потребность в средствах связи и каналах, объему метеорологической информации, порядку обозначения воздушных трасс, маршрутов входов и выходов (SID и STAR).

12. "Поиск и спасение". Устанавливает принципы создания и работы служб поиска и спасания Договаривающегося государства, а также организации взаимодействия с аналогичными службами соседних государств, порядок и сигналы, оформление документов, права и обязанности должностных лиц при проведении поиска.

13. "Расследование летных происшествий". Устанавливает общие принципы расследования авиационных происшествий, ответственности и обязанности государств в отношении проведения расследования и предоставления информации об авиационных происшествиях, состав комиссий, их полномочия, порядок составления отчетов о расследовании.

14. "Аэродромы". Содержит Стандарты и Рекомендации, определяющие требования к физическим характеристикам аэродромов и оборудованию, которое должно быть обеспечено на аэродромах, используемых для международного воздушного сообщения.

15. "Службы аeronавигационной информации". Определяет общие требования к аeronавигационной информации, формам ее представления (таким как АИП - AIP AirnauticalInformationPublication, NOTAM и циркуляры) и функциям органов, обеспечивающих ее.

16. "Охрана окружающей Среды":

- Том I. **"Авиационный шум"**. Устанавливаются общие требования к максимально допустимому уровню авиационных шумов при сертификации воздушных судов по шуму, условия выдачи сертификатов летной годности, излагаются эксплуатационные методы снижения шума.

- Том II. **"Эмиссия авиационных двигателей"**. Устанавливаются нормы и требования по вопросам авиационного топлива при сертификации авиационных двигателей по эмиссии СО и другие необходимые технические условия.

17. "Защита Международной гражданской авиации от актов незаконного вторжения". Устанавливает Стандарты и Рекомендации в отношении административных и организационных мер пресечения актов незаконного вторжения.

18. "Безопасная перевозка опасных грузов по воздуху". Даны классификация опасных грузов. Устанавливаются ограничения по перевозке опасных грузов по воздуху, требования к их упаковке и маркировке, обязанности грузоотправителя и перевозчика.

Кроме Приложений к Чикагской Конвенции Совет ИКАО принимает Процедуры аeronавигационных служб (PANS –ProceduresofAirNavigationService - ПАНС). В них размещен большой материал, не получивший статуса Стандарта или Рекомендации, или часто подверженные изменениям Процедуры. Поэтому применение к ним порядка, установленного для принятия Приложений, считается слишком затруднительным. Эти процедуры, предназначенные для применения на "всемирной" основе, утверждаются Советом ИКАО и рассылаются государствам - членам ИКАО в качестве Рекомендаций.

В настоящее время существует 4 документа PANS:

1.Doc. 4444. "Правила полетов и обслуживания воздушного движения". Рекомендации этого документа дополняют требования Приложений 2 и 11. В них устанавливается порядок ответственности за обслуживание воздушного движения, процедуры, применяемые диспетчерским органом в диспетчерском районе, при заходе на посадку и в зоне аэродрома, а также процедуры, касающиеся координации действий внутри органов обслуживания воздушного движения и между ними.

2.Doc. 8168. "Производство полетов воздушных судов":

Том 1. **"Правила производства полетов"**. Определяет процедуры и схемы захода на посадку, правила установки высотомеров, другие этапы полетов.

Том 2. **"Построение схем визуальных полетов, полетов по приборам"**. Даётся подробное описание важных зон и требования в отношении запаса высоты над препятствиями в зонах аэродромов.

3.Doc. 8400. "Сокращения и коды ИКАО". Материал этого документа предназначен для использования в международной авиационной связи и в документах аeronавигационной информации.

4.Doc. 7030. "Дополнительные региональные правила". Материалы этого документа предназначены для всех аeronавигационных регионов. Их используют при составлении инструкций по производству полетов на аэродромах или по той или иной трассе в

определенном регионе. Документ содержит процедуры, облегчающие выполнение полетов через Атлантику, Тихий океан и другие регионы Земного шара.

2.2. Основные руководящие документы РФО и руководящие органы ГА в РФ.

Министерство транспорта Российской Федерации является федеральным органом исполнительной власти в области транспорта, осуществляющим функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере гражданской авиации, использования воздушного пространства и аэронавигационного обслуживания пользователей воздушного пространства Российской Федерации, авиационно-космического поиска и спасания, морского (включая морские порты, кроме портов рыбопромысловых колхозов), внутреннего водного, железнодорожного, автомобильного, городского электрического (включая метрополитен) и промышленного транспорта, а также дорожного хозяйства.

С 1991 г. после ликвидации Министерства гражданской авиации (МГА) государство не осуществляет руководство хозяйственной деятельностью гражданской авиации. Осуществляются только необходимые для обеспечения безопасности полётов и соблюдения гос. законодательства, а также защиты интересов потребителей и самого государства функции госрегулирования.

За истекшие годы проведено несколько реорганизаций органов госрегулирования ГА. В начале при Министерстве Транспорта был организован Департамент Воздушного транспорта (ДВТ), затем вместо них сформирована Федеральная авиационная служба (ФАС), переименованная в Государственную службу Гражданской авиации (ГСГА).

Часть нормативных документов, изданных данными органами управления ГА, как и некоторые документы МГА до сих пор являются действующими.

С 2004 г. в системе Минтранса РФ для этих целей организованы:

1. *Федеральная служба по надзору в сфере транспорта (ФСНСТ) или Ространснадзор* осуществляющая функции по контролю и надзору (на каждый вид транспорта — своё отделение) — ФСНСТ (в сфере ГА, морского транспорта, внутреннего водного, железнодорожного, автомобильного (кроме вопросов БДД), промышленного транспорта и дорожного хозяйства).

По сфере ГА ФСНСТ осуществляет контроль и надзор за соблюдением законодательства РФ для эксплуатантов ВС (Авиапредприятий имеющих ВС и осуществляющих воздушные перевозки), юридических лиц, осуществляющих ТО и РАТ, иных юридических лиц, обеспечивающих безопасность полётов (Аэропортовая деятельность, авиационная безопасность).

С 23.06.2008 г. Постановлением Правительства № 467 у ФСНСТ изъята часть функций, касающаяся разрешительных действий для организации ГА и передана в Федеральное агентство Воздушного транспорта.

2. *Федеральное агентство воздушного транспорта (ФАВТ)* — осуществляет функции по управлению госимуществом в сфере Гражданской авиации, осуществляет сертификацию аэропортов и юридических лиц, обеспечивающих перевозки (УВД, ЭРТОС), за исключением отнесённых к функциям ФСНСТ ведёт реестр гражданских аэропортов РФ. Вышеуказанные органы созданы постановлением Правительства РФ (№ 398 и № 396 от 30.07.04 г.) и являются федеральными органами исполнительной власти РФ в сфере ГА. Руководители данных органов утверждаются Правительством РФ по представлению Минтранса ГА. Осуществляют они свою деятельность через свои территориальные органы, созданные на базе федеральных административных округов. (Региональные управления:

СССР — 44; РФ — 22 вначале, теперь 7 с 9 филиалами некоторых регионах. Например: Татарский филиал при Приволжском межрегиональном управлении ГА).

ФАВТ имеет второе название — Росавиация (официальное)

Переданные в ФАВТ функции и наделение его новыми полномочиями:

1. Наделение Росавиации полномочиями авиационных властей в области гражданской авиации по принятию необходимых мер, направленных на исполнение обязательств, вытекающих из международных договоров РФ:

- организация работы Высшей квалификационной комиссии гражданской авиации;
- организация деятельности по медицинскому освидетельствованию авиационного персонала;
- допуск к использованию комплексных пилотажных тренажеров для подготовки авиационного персонала.

2. Наделение Росавиации новыми функциями:

предоставление эксплуатантам воздушных судов освобождений от ограничений на перевозку опасных грузов воздушным транспортом;

- ведение реестра выданных сертификатов;
- допуск перевозчиков к выполнению международных воздушных перевозок пассажиров и (или)грузов.

3. Включение в компетенцию Росавиации функций, которые до настоящего времени исполнялись не в полной мере, но необходимость реализации которых установлена международными и российскими нормативными и правовыми актами:

- выдача разрешений инструкторам на подготовку пилотов сверхлегких воздушных судов авиации общего назначения;
- утверждение учебных программ авиационных учебных центров;
- государственная регистрация гражданских аэродромов и аэропортов;
- аккредитация органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров) в установленной сфере деятельности;
- приостановление отправки гражданского воздушного судна иностранного производства;
- предоставление разрешений иностранным назначенным авиапредприятиям на эксплуатацию договорных авиалиний, а также согласование расписания полётов и тарифов.

4. Необходимость сосредоточения в одном государственном органе полномочий, оказывающих непосредственное воздействие на обеспечение должного уровня безопасности полётов, обуславливает передачу в Росавиацию из Ространснадзора следующих функций, большинство из которых по существу представляют собой государственные услуги:

- сертификация объектов гражданской авиации;
- выдача сертификатов (свидетельств) авиационного персонала;
- проведение аттестации авиационного персонала;
- признание сертификатов (свидетельств) иностранного государства, выданных лицу из числа авиационного персонала;
- государственная регистрация гражданских воздушных судов, ведение соответствующего реестра;
- участие в организации литературных рейсов;
- выдача разрешений на выполнение разовых полётов воздушных судов, если такие разрешения обусловлены особыми условиями эксплуатации воздушного судна и необходимы для обеспечения безопасности полёта;

- участие в расследовании авиационных происшествий, инцидентов и производственных происшествий, ведение их учета;
- организация в проведение инспекции гражданских воздушных судов.

Таким образом, наделение Росавиации вышеуказанными полномочиями призвано обеспечить выполнение стандартов и рекомендаций Международной организации гражданской авиации (ИКАО), комплексно регулировать деятельность авиакомпаний и аэропортов для удовлетворения потребностей населения в безопасных, регулярных, эффективных и качественных воздушных перевозках, обеспечить соответствующую персональную ответственность при выполнении взаимоувязанных функций сертификации перевозчиков, выдачи лицензий и допуска к выполнению международных перевозок в соответствии с межправительственными соглашениями.

Кроме данных Госструктур к управлению ГА причастен ещё Межгосударственный авиационный комитет (МАК), учреждённый странами СНГ в 1991 г, дабы сохранить единое воздушное пространство и единые правила полётов на территории бывшего СССР до появления национальной авиации и национальных документов.

Воздушный кодекс РФ

Воздушным кодексом РФ закреплены правовые основы использования воздушного пространства РФ и деятельности в области авиации. Государственное регулирование данных сфер направлено на обеспечение потребностей граждан и экономики в воздушных перевозках и авиаработах, обороны и безопасности государства, охраны его интересов, безопасности полетов воздушных судов, авиационной и экологической безопасности.

Кодекс введен в действие с 1 апреля 1997 г.

Кодекс устанавливает, что воздушное законодательство РФ состоит из кодекса, федеральных законов, указов Президента и постановлений Правительства РФ, федеральных правил использования воздушного пространства и авиационных правил, а также принимаемых в соответствии с ними иных нормативных правовых актов. Если международным договором установлены иные правила, чем предусмотрены *Кодексом*, применяются нормы договора.

В *Кодексе* определены особенности госконтроля за деятельностью в области ГА. Его цель - обеспечить безопасность полетов ВС, авиационную безопасность и качество работ и услуг. Для осуществления такого контроля уполномоченный орган создает инспекторские службы. Требования служб и инспекторов, предъявленные в связи с проведением проверок, обязательны для исполнения всеми лицами.

В состав *Воздушного кодекса* входят 18 глав, содержащих 137 статей. Их названия могут дать представления о круге проблем и вопросов, им регламентируемым:

1. Общие положения
2. Государственное регулирование использования воздушного пространства
3. Государственное регулирование деятельности в области авиации
4. Государственный контроль за деятельностью в области гражданской авиации
5. Воздушные суда
6. Аэродромы, аэропорты и объекты единой системы организации воздушного движения
7. Авиационный персонал
8. Экипаж воздушного судна
9. Авиационные предприятия
10. Полеты воздушных судов
11. Международные полеты воздушных судов
12. Авиационная безопасность
13. Поиск и спасение
14. Расследования авиационного происшествия или инцидента
15. Воздушные перевозки
16. Авиационные работы
17. Ответственность перевозчика, эксплуатанта и грузоотправителя

18. Заключительные положения

Статья 1. Суверенитет в отношении воздушного пространства Российской Федерации

1. Российской Федерации обладает полным и исключительным суверенитетом в отношении воздушного пространства Российской Федерации.

2. Под воздушным пространством Российской Федерации понимается воздушное пространство над территорией Российской Федерации, в том числе воздушное пространство над внутренними водами и территориальным морем.

Статья 13. Государственные приоритеты в использовании воздушного пространства

1. Все пользователи воздушного пространства обладают равными правами на его использование.

Статья 14. Организация использования воздушного пространства

1. Организация использования воздушного пространства предусматривает обеспечение безопасного, экономичного и регулярного воздушного движения, а также другой деятельности по использованию воздушного пространства. Организация использования воздушного пространства включает в себя:

- 1) установление структуры и классификации воздушного пространства;
- 2) планирование и координирование использования воздушного пространства в соответствии с государственными приоритетами, установленными ст.13 настоящего Кодекса;
- 3) обеспечение разрешительного или уведомительного порядка использования воздушного пространства;

4) организацию воздушного движения, представляющую собой:
обслуживание (управление) воздушного движения;
организацию потоков воздушного движения;
организацию воздушного пространства в целях обеспечения обслуживания (управления) воздушного движения и организации потоков воздушного движения;

5) контроль за соблюдением федеральных правил использования воздушного пространства.

Статья 15. Структура воздушного пространства

Структура воздушного пространства включает в себя зоны, районы и маршруты обслуживания воздушного движения (воздушные трассы, местные воздушные линии и тому подобное), районы аэродромов и аэроузлов, специальные зоны и маршруты полетов воздушных судов, запретные зоны, опасные зоны (районы полигонов, взрывных работ и тому подобное), зоны ограничений полетов воздушных судов и другие установленные для осуществления деятельности в воздушном пространстве элементы структуры воздушного пространства. Структура воздушного пространства утверждается в порядке, установленном Правительством Российской Федерации.

Статья 20. Виды авиации

Авиация подразделяется на гражданскую, государственную и экспериментальную авиацию.

Статья 32. Воздушное судно

1. Воздушное судно - летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет взаимодействия с воздухом, отличного от взаимодействия с воздухом, отраженным от поверхности земли или воды.

Статья 38. Позывной радиосигнал воздушного судна

1. Каждому гражданскому ВС, имеющему средства радиосвязи, присваивается позывной радиосигнал в порядке, установленном федеральными авиационными правилами.

Статья 40. Аэродромы и аэропорты

1. Аэродром - участок земли или акватория с расположенным на нем зданиями, сооружениями и оборудованием, предназначенный для взлета, посадки, рулежения и стоянки ВС.

3. Аэропорт - комплекс сооружений, включающий в себя аэродром, аэровокзал, другие сооружения, предназначенный для приема и отправки ВС, обслуживания воздушных перевозок и имеющий для этих целей необходимые оборудование, авиационный персонал и других работников.

Статья 56. Экипаж воздушного судна

1. Экипаж ВС состоит из летного экипажа (командира, других лиц летного состава) и кабинного экипажа (бортоператоров и бортпроводников). Полет гражданского ВС не разрешается в случае, если состав летного экипажа меньше минимально установленного состава.

2. Состав экипажа ВС определенного типа устанавливается в соответствии с требованиями к летной эксплуатации ВС данного типа.

Понятие авиационного предприятия и эксплуатанта.

"Воздушный кодекс Российской Федерации" ВЗК РФ Статья 61. Авиационное предприятие и эксплуатант. В целях настоящего Кодекса под авиационным предприятием понимается юридическое лицо независимо от его организационно-правовой формы и формы собственности, имеющее основными целями своей деятельности осуществление за плату воздушных перевозок пассажиров, багажа, грузов, почты и (или) выполнение авиационных работ.

2. Создание на территории Российской Федерации авиационного предприятия с участием иностранного капитала допускается при условиях, если доля участия иностранного капитала не превышает сорок девять процентов уставного капитала авиационного предприятия, его руководитель является гражданином Российской Федерации и количество иностранных граждан в руководящем органе авиационного предприятия не превышает одну третью состава руководящего органа.

3. Эксплуатант - гражданин или юридическое лицо, имеющие воздушное судно на праве собственности, на условиях аренды или на ином законном основании, использующие указанное воздушное судно для полетов и имеющие сертификат (свидетельство) эксплуатанта.

Требования к эксплуатанту определяются федеральными авиационными правилами.

4. Использование физическим лицом, юридическим лицом воздушного судна в целях, определенных для государственной авиации и (или) экспериментальной авиации, а также использование легкого гражданского воздушного судна авиации общего назначения либо сверхлегкого гражданского воздушного судна авиации общего назначения не влечет за собой обязанность получения физическим лицом, юридическим лицом сертификата (свидетельства) эксплуатанта или эквивалентного этому сертификату (свидетельству) документа.

РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ И КОНСТРУКЦИИ ВС.

3.1. Основы аэrodинамики полета ВС

Аэrodинамика – это наука об общих законах движения газа (преимущественно воздуха), а также о взаимодействии газа с движущимися в нем телами. Это взаимодействие может быть механическим и тепловым, в результате чего на ЛА в процессе его полета в атмосфере действуют аэrodинамические силы, происходит нагрев его поверхности. Именно благодаря аэrodинамическим силам возможен полет самолета или вертолета, т.е. аппаратов тяжелее воздуха. Однако аэrodинамические силы не только поднимают ЛА в воздух, но и создают вредное сопротивление его движению, а нагрев поверхности ЛА приводит к изменению

прочностных характеристик его конструкции. Величины аэродинамических и тепловых нагрузок зависят от формы ЛА и режимов его полета (скорости, высоты). В связи с этим основной задачей аэродинамики является выбор рациональной внешней формы ЛА с целью получения заданных летно-технических характеристик (ЛТХ), а также определение аэродинамических нагрузок и тепловых потоков, действующих на поверхность ЛА, для прочностных расчетов.

Характеристика воздушной среды.

Полеты самолетов и вертолетов в атмосфере Земли возможны благодаря аэродинамическим силам, возникающим при взаимодействии движущегося тела с воздушной средой.

Атмосфера (пар и шар) - газовая оболочка (геосфера), окружающая планету. Внутренняя её поверхность покрывает гидросферу и частично земную кору, внешняя граничит с околоземной частью космического пространства. Толщина атмосферы - 2000-3000 км от поверхности Земли. Суммарная масса воздуха - $(5,1-5,3) \times 10^{18}$ кг. Из них масса сухого воздуха составляет $5,1352 \pm 0,0003 \times 10^{18}$ кг, общая масса водяных паров в среднем равна $1,27 \times 10^{16}$ кг. Плотность воздуха у поверхности моря приблизительно равна 1,2 кг/м³. Давление при 0°C на уровне моря составляет 101,325 кПа.

За "нормальные условия" у поверхности Земли приняты: плотность 1,2 кг/м³, барометрическое давление 101,35 кПа, температура плюс 20°C и относительная влажность 50 %.

Атмосфера состоит из нескольких слоев: тропосфера, стратосфера, хемосфера, ионосфера, мезосфера и экзосфера, каждый из которых характеризуется различным изменением температуры в зависимости от высоты.

В тропосфере температура уменьшается с высотой в среднем на 6,5°C через каждые 1000 м. В стратосфере температура остается почти постоянной. В хемосфере теплый слой воздуха лежит между двумя холодными слоями, поэтому там существуют два температурных градиента: внизу в среднем +4°C на 1000 м, а вверху - 4,5°C на 1000 м. В ионосфере температура возрастает с высотой в среднем на 10°C через каждые 1000 м. В мезосфере температура уменьшается в среднем на 3°C через каждые 1000 м.

Все слои отделяются друг от друга зонами толщиной 1...2 км, называемыми паузами: тропопаузой, стратопаузой, хемопаузой, ионопаузой, мезопаузой.

Наибольший интерес для авиации в настоящее время представляют нижние слои атмосферы, в частности, тропосфера и стратосфера. Полеты воздушных судов гражданской авиации выполняются в тропосфере.

Состав сухого воздуха

Газ	Содержание по объёму, %	Содержание по массе, %
Азот	78,084	75,50
Кислород	20,946	23,10
Аргон	0,932	1,286
Вода	0,5-4	—
Углекислый газ	0,032	0,046
Неон	$1,818 \times 10^{-3}$	$1,3 \times 10^{-3}$
Гелий	$4,6 \times 10^{-4}$	$7,2 \times 10^{-5}$
Метан	$1,7 \times 10^{-4}$	—
Криптон	$1,14 \times 10^{-4}$	$2,9 \times 10^{-4}$
Водород	5×10^{-5}	$7,6 \times 10^{-5}$
Ксенон	$8,7 \times 10^{-6}$	—
Закись азота	5×10^{-5}	$7,7 \times 10^{-5}$

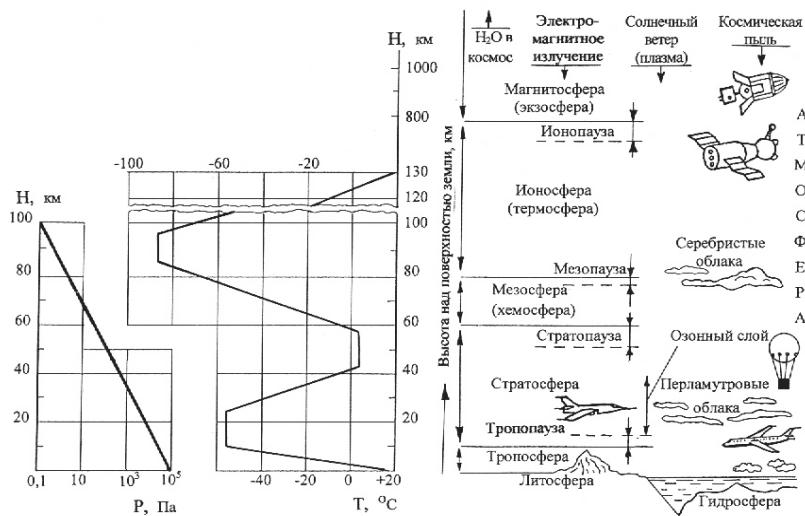


Рис. 3. Строение атмосферы.

Стандартная атмосфера — это условная атмосфера с осредненными значениями параметров воздуха по высотам. Она была введена в использование для удобства аэродинамических расчетов и корректного сравнения результатов испытаний ЛА, проведенных в различных местах в разное время. Стандартная атмосфера, используемая в России, находится в соответствии с Международной стандартной атмосферой (МСА). МСА представляет собой таблицы с основными параметрами воздуха, изменяющимися в зависимости от высоты. Эти параметры могут быть также рассчитаны по эмпирическим формулам.

Международная стандартная атмосфера

Таблица 1

Международная стандартная атмосфера						Табл.
Высота $H, \text{ м}$	Температура $T, \text{ К}$	Давление $p \times 10^4, \text{ Па}$	Плотность $\rho, \text{ кг}/\text{м}^3$	Скорость звука $a, \text{ м}/\text{с}$	Кинемат. вязкость $\nu \times 10^{-5}, \text{ м}^2/\text{с}$	
0	289	10,1	1,225	340	1,46	
500	285	9,55	1,167	338	1,52	
1000	282	8,99	1,112	336	1,58	
1500	278	8,46	1,058	334	1,65	
2000	275	7,95	1,007	332	1,71	
2500	272	7,47	0,957	330	1,79	
3000	269	7,01	0,909	328	1,86	
3500	265	6,58	0,863	326	1,94	
4000	252	6,17	0,819	324	2,03	
4500	259	7,77	0,777	322	2,12	
5000	256	5,40	0,736	320	2,21	
...						
10000	223	2,65	0,414	299	3,53	
10500	220	2,45	0,389	297	3,70	
11000	216	2,27	0,365	295	3,90	

Физико-механические характеристики воздуха.

Воздух — смесь газов главным образом азота и кислорода — 98—99 % в сумме и зависит от влажности (концентрации водяного пара), а также аргона, углекислого газа, водорода, образующая земную атмосферу. В нижних слоях атмосферы содержание газов в объемных долях следующее: азот (N_2) ~ 78 %, кислород (O_2) ~ 21 %, аргон (Ar) ~ 0,93 %, другие газы (в том числе CO_2 — углекислый газ) ~ 0,07 %. До высоты 90 км относительный состав основных компонентов атмосферы практически не изменяется. В соответствии с федеральным законом РФ «Об охране атмосферного воздуха» под атмосферным воздухом понимается «жизненно важный компонент окружающей среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы, находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений».

Основными параметрами состояния воздуха являются давление, температура и плотность. Эти параметры зависят от высоты, географической широты и долготы, времени года и суток и т.д.

Эти параметры связаны между собой уравнением Менделеева – Клайперона

$$p = \frac{\rho}{m} RT,$$

где p — давление газа [Па];

ρ — плотность газа [kg/m^3];

m — молекулярная масса газа [kg/mol];

R — универсальная газовая постоянная $\left[\frac{Дж}{К \cdot моль} \right]$;

T — температура газа [К].

для удобства аэродинамических расчетов и сравнения результатов экспериментов, проводимых в различных условиях, создана условная международная стандартная атмосфера (МСА), которая дает усредненные значения параметров воздуха по высотам. МСА на уровне моря: $t = 15^\circ C$, $\mu p = 1,0133 \cdot 10^5$ Па (760 мм рт. ст.), $\rho = 1,225$ кг/м³.

На величину аэродинамических сил влияют вязкость (а при больших скоростях полета и сжимаемость) воздуха.

Из опыта известно, что при обтекании поверхности набегающим потоком воздуха на некотором удалении от этой поверхности скорость частиц воздуха начинает уменьшаться вплоть до полного торможения частиц, непосредственно контактирующих с поверхностью (рис. 4). Разделим условно поток по вертикали к поверхности на отдельные слои. В этом случае слой, находящийся ближе к поверхности, будет двигаться с меньшей скоростью, чем смежный с ним слой, расположенный выше. Нижний слой будет оказывать сопротивление верхнему слою. В этом явлении проявляется **вязкость** воздуха, т.е. его способность сопротивляться сдвигу слоев, их относительному перемещению.

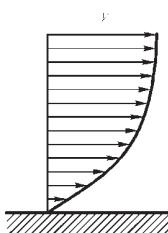


Рис.4. Профиль скоростей потока вблизи поверхности

При таком взаимодействии слоев между ними возникают касательные напряжения τ , которые пропорциональны приращению скорости набегающего потока по нормали к поверхности

$$\tau = \mu \frac{\Delta V_x}{\Delta y},$$

где μ — коэффициент динамической вязкости [Па · с];

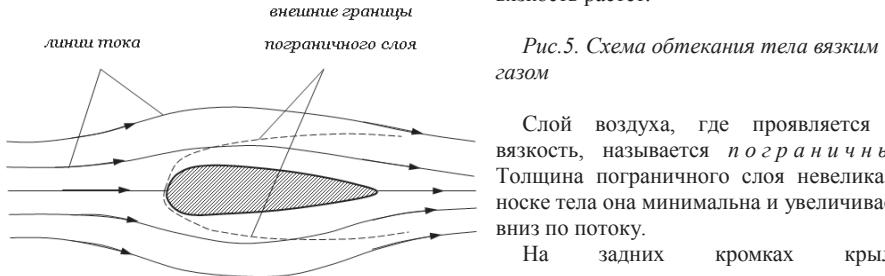
V_x — скорость набегающего потока [м / с].

Динамическая вязкость воздуха возрастает при повышении температуры. Это происходит в связи с тем, что с ростом температуры скорость хаотического теплового движения молекул увеличивается.

Если коэффициент динамической вязкости разделить на плотность воздуха ρ , то получится коэффициент *кинематической вязкости*

$$\nu = \frac{\mu}{\rho}.$$

Кинематическая вязкость зависит от высоты полета. При ее увеличении кинематическая вязкость растет.



Rис.5. Схема обтекания тела вязким газом

Слой воздуха, где проявляется его вязкость, называется *пограничным*. Толщина пограничного слоя невелика, на носке тела она минимальна и увеличивается вниз по потоку.

На задних кромках крыльев современных самолетов гражданской авиации, летящих на высотах около 10 км, толщина пограничного слоя не превышает нескольких сантиметров.

Сжимаемостью называется свойство среды изменять свой объем при изменении давления. Это свойство воздуха определяет возможность распространения в нем малых возмущений давления в виде упругих волн сжатия-разрежения. Эти волны воспринимаются нашим слуховым аппаратом как звук. Скорость распространения звуковых волн называется *скоростью звука*

$$a = \sqrt{\frac{\Delta p}{\Delta \rho}} = \sqrt{\frac{1}{m} RT}$$

Подставим в эту формулу значение универсальной газовой постоянной R и молекулярной массы воздуха m и получим

$$a \approx 20\sqrt{T}.$$

Таким образом, скорость звука однозначно определяется температурой воздуха. При повышении температуры возрастает интенсивность хаотического движения молекул газа, а значит, увеличивается его сопротивляемость сжатию, т.е. газ становится менее сжимаемым. Следовательно, скорость звука является характеристикой сжимаемости воздуха.

Критерием сжимаемости воздуха под воздействием движущегося тела является число Маха (величина M).

Число Маха – отношение скорости потока V к скорости звука a при данных условиях

$$M = \frac{V}{a}.$$

Если $M < 1$, то течение называется *дозвуковым*, если $M = 1$, то течение называется *звуковым* (если M чуть больше или чуть меньше 1, то – *трансзвуковым или околовзвуковым*), а если $M > 1$, то говорят, что течение *сверхзвуковое*.

Величина a приближенно может быть определена по формуле $a = 20\sqrt{T}$, м/с, где T – абсолютная температура, К; ($T = t^0C + 273^0$).

Давление, плотность и абсолютная температура связаны уравнением состояния газа (воздуха) $p/\rho = gR^*T$, где

g – ускорение силы тяжести ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$);

R^* – универсальная газовая постоянная (для воздуха $R^* = 8314,3 \text{ Дж/К}^* \text{ моль}$).

Отсутствие определенности в состоянии атмосферы у Земли и в изменении ее состояния с увеличением высоты создает серьезные затруднения при аэродинамических расчетах летных характеристик самолетов, которые, как уже отмечалось, существенно зависят от состояния атмосферы. Необходимость унификации расчетов, связанных с летательными аппаратами, при решении практических задач, например, единообразноеградуирование различных летных приборов (измерители скорости, махометры и т.п.), пересчет летных характеристик самолетов, полученных в конкретных атмосферных условиях, на другие привела к созданию условных характеристик атмосферы – стандартов. Такие характеристики были введены в форме условной стандартной атмосферы (СА), которая имеет вид таблицы численных значений физических параметров атмосферы для ряда высот.

Основные законы аэродинамики.

При изучении движения воздуха используют модель, рассматривающую среду как совокупность множества частиц. В этой модели движение частиц представляют в виде траекторий и линий потока.

Траекторией называется геометрическое место точек, в которых частица находилась в процессе своего движения. При этом вектор скорости частицы во всех точках траектории направлен по касательной к ней.

Линия тока – линия, составленная из точек, в которых движущиеся частицы находятся в фиксированный моменты времени, причём векторы скоростной частиц направлены по касательной к этой линии так же, как и в случае с траекторией.

Аэродинамика дает качественное объяснение природы возникновения аэродинамических сил и с помощью специальных уравнений позволяет получить их количественную оценку.

При изучении движения газов исходят из предположения, что эти среды являются сложными с непрерывным распределением вещества в пространстве. Поток газа (в дальнейшем – воздуха) в аэродинамике принято представлять в виде отдельных элементарных струек – замкнутых контуров в виде трубок, через боковую поверхность которых воздух перетекать не может. Если в любой точке пространства скорость, давления и другие характерные величины постоянны по времени, то такое движение называется установившимся. Траектория и линия тока различаются тем, что траектория описывает

Если в каждой фиксированной точке линии тока вектор скорости не меняется с течением времени по величине и направлению, то траектория и линия тока совпадают. Такое движение воздуха называется *установившимся*, и оно определяет постоянство во времени скорости, давления и других высших параметров.

Замкнутая поверхность, образованная линиями тока, называется *трубкой тока*. Воздух, движущийся внутри трубы тока называется *струйкой*.

Струйка называется *элементарной*, если ее поперечное сечение достаточно мало и можно считать, что в каждой фиксированной момент времени скорости частиц воздуха в этом сечении равны. При установившемся течении через каждое поперечное сечение Элементарной струйки в единицу времени будет протекать одна и та же масса воздуха.

Формула, описывающая это явление, называется *уравнением неразрывности*:

$$m = \rho V F = \text{const}$$

Где m – масса воздуха, проникающего через поперечное сечение струйки в единицу времени; ρ – плотность воздуха в данном сечении струйки; V – скорость воздуха в данном сечении струйки; F – площадь поперечного сечения струйки.

Для малых скоростей течения (при $M < 0,3$) можно принять, что воздух несжимаем т.е. плотность воздуха не меняется от сечения к сечению ($\rho = \text{const}$). Тогда ее можно исключить из уравнения неразрывности, и используя рисунок можно записать:

$$V^1 F^1 = V^2 F^2$$

Из этого уравнения можно сделать важный вывод: при уменьшении площади поперечного сечения струйки скорость течения воздуха в ней возрастает, а при увеличении – падает.

Это справедливо только для дозвуковых течений ($M < 1$). При сверхзвуковых ($M > 1$) картина меняется с точностью до наоборот. Важную роль играет сжимаемость.

Например, при уменьшении площади поперечного сечения плотность воздуха увеличивается настолько, что в целом произведение возрастает, а это приводит к уменьшению скорости потока. Поэтому при сверхзвуковом потоке для того чтобы увеличить скорость, необходимо также увеличивать площадь поперечного сечения струйки.

Важное место в аэродинамике отводится также *закону сохранения энергии*, который используется для получения взаимосвязи давления и скорости воздуха струй.

Основные уравнения движения воздуха.

Применим к течению воздуха в струйке два наиболее общих закона природы: закон сохранения массы и закон сохранения энергии.

Для случая установившегося движения закон сохранения массы сводится к тому, что через каждое поперечное сечение струйки в единицу времени протекает одна и та же масса воздуха, то есть:

$$\rho_1 f_1 V_1 = \rho_2 f_2 V_2 = \text{const},$$

где: ρ – массовая плотность воздуха в соответствующих сечениях струйки;

f – площадь сечения струйки;

V – скорость воздуха.

Это уравнение называется *уравнением неразрывности струи*.

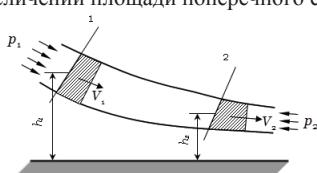
Произведение ρV представляет собой секундный массовый расход воздуха, проходящего через каждое поперечное сечение струйки.

Для малых скоростей течения ($M < 0,3$), когда сжимаемостью воздуха можно пренебречь, то есть когда $\rho_1 = \rho_2 = \text{const}$, уравнение неразрывности принимает вид:

$$f_1 V_1 = f_2 V_2 = \text{const}.$$

Из этого уравнения видно, что при $M < 0,3$ скорость течения в струйке обратно пропорциональна площади ее поперечного сечения.

По мере увеличения скорости она начинает все заметнее влиять на изменение плотности. Например, при скоростях, соответствующих $M > 1$, рост скорости возможен лишь при увеличении площади поперечного сечения струйки.



К выводу уравнения неразрывности и уравнения Бернулли

Рис. 8. Движение воздуха в струйке

Это объясняется тем, что плотность воздуха с увеличением скорости падает настолько быстро, что произведение ρV начинает уменьшаться.

Применение закона сохранения энергии для случая установившегося движения позволяет установить взаимосвязь давления и скорости воздуха в струе.

Считая воздух несжимаемым и лишенным трения, рассмотрим баланс энергии, поступающей через два произвольно взятых сечения 1 и 2 струйки за время Δt .

Кинетическая энергия массы воздуха m , проходящая через сечение 1, будет равна $\frac{mV_1^2}{2}$, а потенциальная энергия, равная работе силы тяжести относительно некоторого условного уровня, — mgh_1 . Помимо этого воздух, находящийся выше первого сечения, производит работу, продвигая находящуюся впереди массу воздуха. Эта работа определяется как произведение силы давления $P_1 f_1$ на путь $V_1 \Delta t$. Таким образом, энергия воздуха, передаваемая за время Δt через сечение 1, составит:

$$\frac{mV_1^2}{2} + mgh_1 + P_1 f_1 V_1 \Delta t.$$

С учетом принятых ранее допущений уравнение баланса энергии для обоих сечений может быть записано в следующем виде:

$$\frac{mV_1^2}{2} + mgh_1 + P_1 f_1 V_1 \Delta t = \frac{mV_2^2}{2} + mgh_2 + P_2 f_2 V_2 \Delta t.$$

Разделив обе части этого уравнения на величину объема воздуха, проходящего через каждое сечение за время Δt (то есть на величину $f_1 V_1 \Delta t$ и $f_2 V_2 \Delta t$ соответственно), получим **уравнение Бернулли для струйки движущегося газа без учета сжимаемости:**

$$P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} + \rho gh_1 = P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} + \rho gh_2 = \text{const.}$$

Величина $\frac{\rho V^2}{2}$ обычно называется *скоростным напором или кинематическим давлением*.

Для случая, когда $h_1 = h_2$, то есть течение происходит в горизонтальной плоскости, уравнение Бернулли может быть представлено в упрощенном виде:

$$P_1 + \frac{\rho V_1^2}{2} = P_2 + \frac{\rho V_2^2}{2} = \text{const.}$$

Таким образом, на основании уравнения Бернулли можно сделать вывод, что при установившемся движении *сумма статического давления и динамического давления есть величина постоянная*.

Уравнение Бернулли с учетом сжимаемости газа имеет следующий вид:

$$\frac{V^2}{2} + \frac{k}{k-1} \frac{P}{\rho} = \text{const},$$

где k – показатель адиабаты.

Для воздуха при $k = 1,4$ уравнение Бернулли с учетом сжимаемости воздуха можно записать так:

$$\frac{V^2}{2} + 3,5 \frac{P}{\rho} = \text{const}$$

Уравнение Бернулли позволяет объяснить физическую сущность возникновения аэродинамических сил на крыле самолета и воздушном винте.

Полная аэродинамическая и подъемная силы

Уравнение Бернулли показывает, что при увеличении скорости потока динамическое давление будет расти, а статическое соответственно падать, так как их сумма изменяться не должна.

При обтекании тела набегающим потоком воздуха на его коске существует точка *(критическая точка)*, в которой скорость потока из-за полного торможения равна 0. В этой точке динамическая составляющая равна нулю, а статическое давление максимально и равно полному давлению.

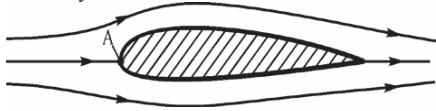


Рис.9.. Обтекание тела набегающим потоком

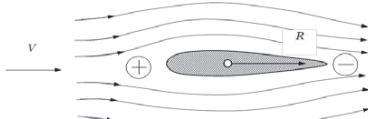


Рис.10. Аэродинамические силы крыла при симметричном обтекании профиля

При обтекании самолета потоком воздуха возникают *аэродинамические силы* и моменты. Результирующую силу воздействия потока на самолет будем называть *полной аэродинамической силой R*, а результирующую всех пар сил – *полным аэродинамическим моментом*.

Основной частью самолета является крыло, так как оно создает *подъемную силу*, необходимую для полёта.

Рассмотрим картину обтекания крыла самолета потоком воздуха. Над крылом струйки сжимаются, тогда как под крылом они несколько расширяются, что позволяет судить о разных скоростях струек воздуха. Это объясняется тем, что частицам воздуха необходимо пробежать пути разной длины. В соответствии с законом Бернулли над крылом, где скорость потока больше, давление в струйке будет меньше, а под крылом, где *скорость потока меньше, давление будет больше*.

Сила индуктивного сопротивления появляется, когда на крыле самолета возникает подъемная сила. Реальное крыло самолета имеет конечный размах. Поэтому при возникновении перепада давлений над крылом и под ним частицы воздуха из зоны повышенного давления под крылом перетекают через боковые кромки в зону пониженного давления над крылом. В результате возникают вихри, уносимые набегающим потоком. Помимо уменьшения подъемной силы эти вихри создают также дополнительное лобовое сопротивление, называемое индуктивным, т.е. индуцируемым подъемной силой.



Рис.11. Образование концевых вихрей на крыле конечного размаха

Аэродинамическая интерференция

Практика показывает, что сумма аэродинамических сил, действующих на изолированные части самолета, не равна аэродинамическим силам, действующим на самолет в целом. Это происходит из-за взаимного влияния частей самолета друг на друга в процессе обтекания их набегающим потоком воздуха. Такое явление называется *аэродинамической интерференцией*. Интерференция возникает как между частями самолета, находящимися в непосредственном соприкосновении (например, крыло и фюзеляж), так и между разнесенными в пространстве (например, крыло и оперение). Физическая сущность аэродинамической интерференции заключается в том, что одна из частей самолета вносит в поток возмущения, вызывающие искривление линий тока, которые обтекают другую часть, что приводит к изменению ее аэродинамических коэффициентов. Причем, как правило, это

влияние является взаимным, т.е. части самолета испытывают влияние друг друга. Влияние аэродинамической интерференции на характеристики самолета может быть как положительным, так и отрицательным. Поэтому при создании самолета стремятся снизить отрицательное влияние интерференции и развить положительное.

Аэродинамические силы и характеристики крыла.

Под крылом понимается часть летательного аппарата, предназначенная для создания аэродинамической подъемной силы.

Крылом называют тело, которое создает в потоке жидкости подъемную силу, значительно превышающую силу лобового сопротивления. Как правило, крыло самолета имеет форму симметричную относительно некоторой плоскости – плоскости симметрии.

Профилем крыла называется форма сечения, получаемая от пересечения крыла плоскостью, параллельной плоскости симметрии самолета. В разных сечениях профиль крыла может быть различным по форме размера и ориентации.

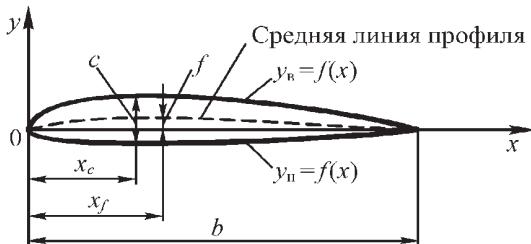


Рис. 12.. Геометрические характеристики профиля крыла

Хорда профиля – это отрезок прямой, соединяющей две наиболее удаленные точки передней и задней кромок профиля.

Максимальная толщина профиля $c_{\max} = (y_v - y_n)_{\max}$ – наибольшее расстояние между точками профиля, лежащими на перпендикуляре к его хорде. Положение максимальной толщины профиля по хорде определяется относительной координатой $\bar{x}_c = \frac{x_c}{b} 100\%$.

Относительная толщина профиля \bar{c} – отношение максимальной толщины профиля к его хорде $\bar{c} = \frac{c_{\max}}{b} 100\%$. Относительная толщина профиля в зависимости от вида ЛА находится в пределах 2...20 %.

Средняя линия профиля – это геометрическое место точек середин толщин профиля по длине профиля $y(x) = 0,5(y_v + y_n)$.

Вогнутость(кривизна) профиля определяется кривизной его средней линии. Максимальная (по модулю) вогнутость профиля $f = 0,5(y_v - y_n)_{\max}$.

Относительная максимальная вогнутость профиля $\bar{f} = \frac{f}{b} 100\%$ – отношение максимальной вогнутости профиля к его хорде, выраженное в процентах (для транспортных ЛА $\bar{f} \leq 3\%$).

Положение максимальной вогнутости по хорде профиля определяется относительной координатой $\bar{x}_f = \frac{x_f}{b} 100\%$.

Угол между хордой профиля и направлением невозмущенного потока называется углом атаки, если вектор скорости невозмущенного потока параллелен плоскости профиля.

Геометрические характеристики крыла самолета

Внешние формы крыла определяются следующими геометрическими характеристиками: профилем крыла, видами крыла в плане и спереди.

Профиль крыла – форма сечения его в плоскости, параллельной плоскости симметрии самолета.

В зависимости от назначения самолета, его летно-технических характеристик (особенно скорости полета) выбирают различные формы профилей крыла. На большинстве самолетов различного назначения применяют двояковыпуклый несимметричный профиль, так как имея сравнительно небольшое профильное сопротивление он позволяет достичь высоких значений $C_{y\max}$. Двояковыпуклый симметричный профиль применяется для сверхзвуковых ЛА и для оперения. Выпукло-вогнутые профили позволяют достичь больших значений подъемной силы крыла, но при этом имеют и достаточно большое лобовое сопротивление. Суперкритический профиль служит для повышения критических значений числа M . Применение такого профиля позволяет довести $M_{\text{крейс}}$ до 0,98 без существенного увеличения волнового сопротивления. Использование этого профиля позволяет также уменьшать угол стреловидности крыла и увеличивать относительную толщину его профиля, сохраняя высокие значения $M_{\text{крейс}}$.

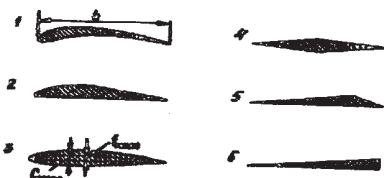


Рис. 13. Формы профилей крыла:
1 – выпукло-вогнутый; 2 – плосковыпуклый; 3 – двояковыпуклый несимметричный; 4 – ромбовидный; 5 – двухклиновый; 6 – одноклиновый

Крылья могут иметь различную форму.

На самолетах, рассчитанных на полеты с малыми дозвуковыми скоростями, чаще всего применяются крылья трапециевидной формы, выгодные в весовом отношении и простые в изготовлении. На самолетах, летающих на околозвуковых или сверхзвуковых скоростях, находят применение крылья стреловидные, треугольной или готической формы.

Угол стреловидности крыла (представляет собой угол, образуемый (при виде крыла сверху) между перпендикуляром к плоскости симметрии самолета и линией, соединяющей точки, лежащие на 0,25 длины хорды от носка крыла).

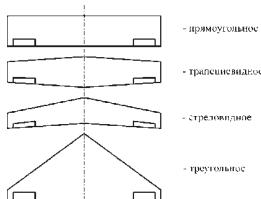


Рис. 14. Формы крыла в плане

Трапециевидное крыло имеет меньшую массу по сравнению с прямоугольным. Стреловидные и треугольные крылья применяются на самолетах с большими дозвуковыми и сверхзвуковыми скоростями полета.

Ниже приведены геометрические параметры, характеризующие форму крыла в плане. *Размах крыла* – наибольшее расстояние между концевыми точками крыла, замеренное по нормали к плоскости симметрии самолета.

Площадь крыла S – площадь его проекции на базовую плоскость крыла (включая подфюзеляжную часть).

Стреловидность крыла определяется углом стреловидности χ , который образуется при виде крыла сверху перпендикуляром к плоскости симметрии самолета, и линией, лежащей на расстоянии $0,25b$ профилей крыла, считая от носка (так называемая линия четвертей хорд). Кроме того, определяют еще углы стреловидности передней кромки $\chi_{\text{п.к.}}$ и задней кромки $\chi_{\text{з.к.}}$.

Удлинение крыла λ – отношение квадрата размаха к площади крыла $\lambda = \frac{l^2}{S}$. Эта формула справедлива для крыла любой формы в плане.

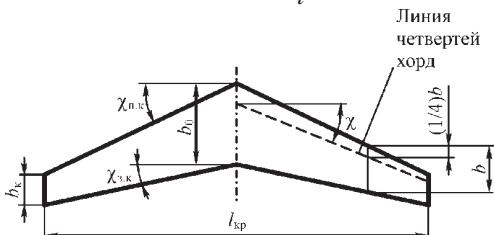
Корневая хорда b_0 – расстояние от передней кромки крыла до задней, измеренное по продольной оси самолета.

Концевая хорда b_k – расстояние от передней кромки крыла до задней, измеренное на конце крыла по линии, параллельной продольной оси самолета.

Сужение крыла η – отношение длины корневой хорды к длине концевой хорды $\eta = \frac{b_0}{b_k}$.

Средняя геометрическая хорда b_{cp} – хорда равновеликого по площади прямоугольного крыла такого же размаха $b_{\text{cp}} = \frac{S}{l}$.

Рис. 15. Геометрические характеристики крыла в плане



Вид крыла спереди характеризуется углом V (поперечной стреловидностью). Так называется угол, образованный плоскостью хорд крыла и горизонтальной плоскостью.

Средняя аэродинамическая хорда (САХ) $b_{\text{СAX}}$ – хорда равновеликого по площади прямоугольного крыла с такой же полной аэродинамической силой и таким же моментом тангажа. Для крыла с прямолинейными передней и задней кромками САХ и ее положение определяются по формулам

$$b_{\text{СAX}} = \frac{2}{3} \left(b_0 + b_k - \frac{b_0 b_k}{b_0 + b_k} \right); z_{\text{СAX}} = \frac{b_0 + 2b_k}{b_0 + b_k} \frac{l}{6}.$$

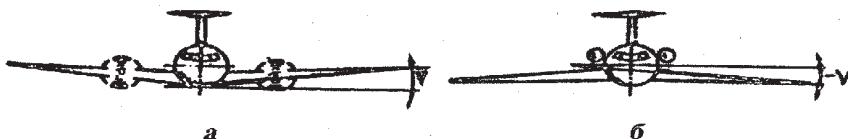


Рис. 16. Поперечная стреловидность крыла: а – положительная; б – отрицательная.

Угол считается положительным, если концы крыла приподняты и отрицательным, если они опущены. Величина поперечного V крыла существенно влияет на поперечную устойчивость самолета. На нескоростных самолетах поперечное V крыла обычно имеет положительное значение (до $+7^\circ$), а на скоростных – отрицательное (до -5°).

Аэродинамическими характеристиками (AX) самолета называется описание его динамического взаимодействия с потоком воздуха, представленное в виде зависимостей аэродинамических коэффициентов или других величин от параметров, характеризующих форму самолета и условия его обтекания.

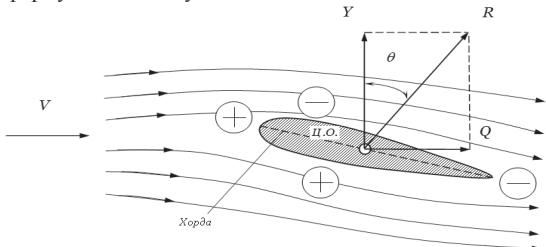


Рис. 17. Аэродинамические силы крыла при несимметричном обтекании профиля
“+” – область повышенного давления;
“–” – область пониженного давления;
- угол качества

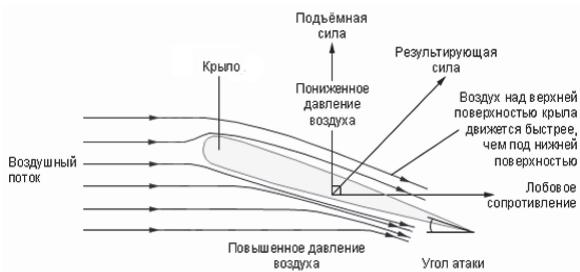


Рис. 18. Угол атаки

Зависимость AX от параметров могут быть аналитическими, табличными или графическими. Параметры формы самолета – это его геометрические характеристики;

параметры, характеризующие условия обтекания, – это угол атаки, числа Маха и т.д. Основными аэродинамическими характеристиками (AX) профиля крыла являются зависимости коэффициента подъемной силы от угла атаки $c_{ya} = f(\alpha)$ (характеризует несущие свойства профиля), коэффициента силы лобового сопротивления от угла атаки $c_{xa} = f(\alpha)$ (характеризует сопротивление профиля) и коэффициента момента тангажа от угла атаки $m_z = f(\alpha)$ (выражает моментные характеристики профиля). К AX профиля крыла относится также зависимость его коэффициента подъемной силы от коэффициента силы лобового сопротивления $c_{ya} = f(c_{xa})$, называемая *поллярой*.

Полную аэродинамическую силу Ra обычно разлагают на Q лобового сопротивления движущемуся тelu и подъемную силу Y. Силы Q и Y взаимно ортогональны.

Форма, размеры и профиль крыла выбираются такими, чтобы получить максимальную подъемную силу при минимальном лобовом сопротивлении.

Подъемная сила является только следствием несимметричного обтекания крыла (симметричного или несимметричного профиля) воздушным потоком, при котором скорость потока над крылом будет больше, чем под ним и, в соответствии с уравнением Бернули (2.5), давление воздуха под крылом будет больше, чем над ним. При этом недопустимы срыв потока воздуха с поверхности крыла и сильное вихреобразование (рис. 2.4).

Величины Ra, Q и Y определяются по формулам

$$R_a = C_R S \frac{\rho V^2}{2}; \quad Y = C_Y S \frac{\rho V^2}{2}; \quad (2.12) \quad Q = C_x S \frac{\rho V^2}{2} \text{ где } C_R, C_Y, C_x - \text{ соответственно}$$

коэффициенты полной аэродинамической силы, подъемной силы и лобового сопротивления; S – площадь крыла в плане;

$$\frac{\rho V^2}{2}$$
 - скоростной напор.

Коэффициенты C_R , C_Y , C_X - безразмерны, определяются опытным путем и зависят, главным образом, от формы профиля крыла, формы крыла в плане, положения крыла в воздушном потоке и от состояния его поверхности.

Видно, что

$$Ra^2 = Y^2 + Q^2 C_R^2 = C_Y^2 + C_X^2$$

Аэродинамическое совершенство крыла характеризуется аэродинамическим качеством K , определяемым по соотношению

$$K = Y/Q = C_Y/C_X$$

У современных самолетов значение качества крыльев достигает величины $K = 20-22$.

Аэродинамическими характеристиками называются зависимости C_Y , C_X и К от угла атаки α крыла и, отчасти, скорости полета. Углом атаки α называется угол между направлением набегающего потока и хордой крыла. В качестве универсальной характеристики крыла используют зависимость $C_Y = f(C_X)$, называемую полярой крыла.

Каждая точка поляры соответствует определенному углу атаки α .



Rис. 19. Поляра крыла

3.2 Основные части и конструктивные элементы самолета.

Основными частями самолета являются: Крыло самолета. Фюзеляж. Оперение. Шасси. Силовая установка.

Конструктивные элементы планера самолета.

Стрингеры предназначены для подкрепления обшивки и восприятия местных нагрузок.

Лонжероны – продольные балки, воспринимающие изгибающий момент и поперечную силу. Лонжероны могут быть составленными и монолитными.

Нервюры по своему значению и конструкции делятся на нормальные и усиленные. Нормальные нервюры сохраняют форму профиля и передают местные воздушные нагрузки от обшивки на лонжероны. Уменьшить массу этих нервюр позволяют так называемые отверстия облегчения.

Шпангоуты фюзеляжа выполняют ту же функцию, что и нервюры в крыле и также подразделяются на нормальные и усиленные.



Рис. 20. Общий вид самолета

Крыло самолета

Назначение – создавать подъемную силу и обеспечивать поперечную (боковую) устойчивость самолета. На концевых частях крыла находятся органы управления по крену. Левый и правый элероны синхронно отклоняются в противоположные направления. Внутри крыла обычно размещается топливо.

Крылья современных самолетов снабжаются закрылками, предкрылками, интерцепторами (воздушными тормозами) и другими устройствами, служащими для улучшения взлетно-посадочных характеристик самолета. Эти устройства принято называть средствами механизации крыла. К крылу часто крепятся двигатели, главные ноги шасси.

Обшивка крепится к каркасу. Продольный набор каркаса – лонжероны и стрингеры, поперечный – нервюры. И каркас, и обшивка работают в силовой схеме крыла.

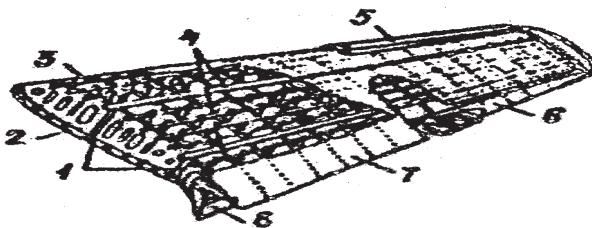


Рис.21. Конструкция крыла:

1- стены лонжеронов;
2 – нервюра; 3 – стрингеры; 4 – пояса лонжеронов;

5 – предкрылок; 6 – элерон; 7 – обшивка; 8 – закрылок

Фюзеляж

Фюзеляж – это основная часть конструкции самолета, соединяющая в единое целое все его части и предназначенная для размещения экипажа, пассажиров, багажа, грузов, оборудования самолета.

Фюзеляж предназначен для размещения экипажа, пассажиров, грузов и оборудования. К нему крепятся крылья, оперение, часто силовая установка и другие агрегаты самолета. Его масса – до 40% массы всей конструкции самолета, аэродинамическое сопротивление – до 50% полного сопротивления самолета.

Форма фюзеляжей самолетов весьма разнообразны и выбираются исходя из стремления получить большой полезный объем при малом аэродинамическом сопротивлении и невысокой массе конструкции, а также для удовлетворения специальных технических требований. Следствием этих требований является вытянутая удобообтекаемая форма фюзеляжа при виде сбоку. Формы поперечных сечений фюзеляжа при этом могут различаться.



Рис. 22. Формы поперечных сечений фюзеляжа.

Чаще всего у фюзеляжей можно выделить **носовую**, **цилиндрическую (центральную)** и **хвостовую** части и ввести для них соответствующие геометрические параметры

Основными размерами фюзеляжа являются его длина L_f , площадь миделевого (наибольшего) сечения S_m . Большое влияние на аэродинамические характеристики самолета оказывает параметр – удлинение λ_f фюзеляжа

$$\lambda_f = L_f/D_f,$$

Где D_f – диаметр окружности, равной по площади миделеву сечению.

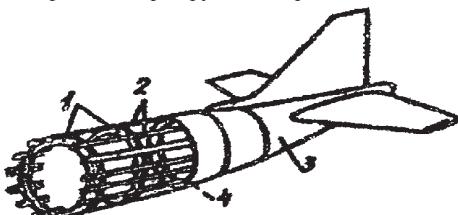


Рис.23. Конструктивная схема

фюзеляжа:

- 1 – шпангоуты; 2 – стрингеры; 3 – обшивка;
- 4 - теплозвукоизоляция

Работающая обшивка подкреплена продольным и поперечным силовым набором в виде стрингеров и шпангоутов. Фюзеляж современного транспортного самолета, за исключением отсеков шасси, центроплана крыла и хвостовой части, выполняется герметичным.

Нагрузки, действующие на фюзеляж при посадке:

- Силы от присоединенных частей и деталей самолета, таких как шасси, крылья, оперение, силовые установки.
- Инерционные силы узлов, агрегатов, оборудования, общая масса конструкции.
- Силы аэродинамики, которые воздействуют на весь корпус в полете.
- Избыточное давление в герметичных отсеках, салонах, кабине и каналах воздухозаборников.

Все эти виды нагрузок учитываются с помощью принципа Д'Аламбера, это позволяет привести все силы в равновесие.

В строительной механике корпус аппарата принято рассматривать как балку коробчатого типа, которая закреплена на крыле и получает все виды нагрузок, перечисленные выше. Данный тип фюзеляжа принято называть балочным. На каждую часть сечения фюзеляжа

воздействует крутящий и изгибающий момент. На герметичные отсеки дополнительно действует избыточное давление внутренней части.

Основные виды фюзеляжей самолетов:

- Плоскофюзеляжный тип.
- Одноэтажный тип.
- Двухэтажный тип.
- Широкофюзеляжный тип.
- Узкофюзеляжный тип

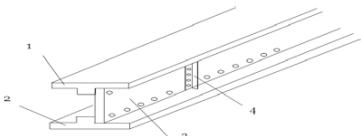


Рис 24. Конструктивные элементы планера самолета

1, 2, 3 – составной лонжерон; 4 - нервюра

Оперение

Оперение представляет собой несущие поверхности, предназначенные для обеспечения устойчивости, управляемости и балансировки самолета и расположенные, как правило, в хвостовой части самолета.

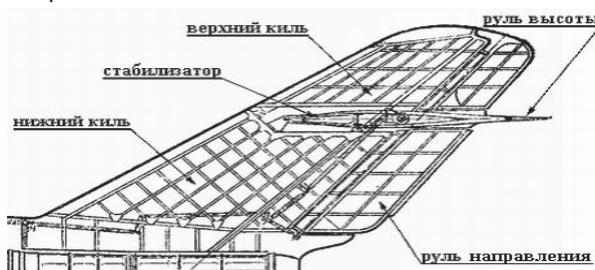


Рис 24. Горизонтальное оперение.

Горизонтальное оперение состоит из стабилизатора и руля высоты. Вертикальное оперение состоит из неподвижного киля и руля направления. При отклонении рулей создаются

аэродинамические силы и моменты сил, необходимые для управления полетом.

Конструкция киля, стабилизатора и рулей аналогична конструкции крыла

Шасси

Шасси – это система опор самолета, предназначенная для обеспечения стоянки и движения по земле при рулежке, взлете и посадке. Шасси снабжено устройствами, поглощающими энергию ударов при посадке самолета и при движении его по земле, и тормозами для торможения его при пробеге и рулении. Удары смягчаются амортизаторами и пневматиками колес.

На современных самолетах шасси в полете убираются в специальные отсеки, закрываемые створками. Это уменьшает аэродинамическое сопротивление, но для вертолетов и самолетов, летающих со скоростью, меньшей 200 км/ч, убиение шасси не окупается уменьшением лобового сопротивления.

Большинство самолетов оснащено шасси с передней опорой.

Шасси обязано отвечать таким специальным требованиям:

- Управляемость и устойчивость аппарата при перемещении по земле.
- Иметь необходимую проходимость и не наносить урон взлетной полосе.
- Должно позволять летательному средству осуществлять развороты на 180 градусов при рулежке.

- Исключать возможность опрокидывания самолета или касания другими частями аппарата, кроме шасси, при посадке.
- Поглощение силы удара при посадке и передвижении по неровной поверхности. Быстрое гашение колебаний.
- Низкие показатели сопротивления при разбеге и высокая эффективность торможения при пробеге.
- Относительно быстрая уборка и выпуск системы шасси.
- Наличие аварийной системы выпуска.
- Исключение автоколебаний стоек и колес шасси.
- Наличие системы сигнализации о положении шасси.

Кроме этих показателей, шасси самолета должно отвечать требованиям ко всей конструкции летательного аппарата. Такими требованиями являются:

- Прочность, долговечность, жесткость конструкции при минимальных показателях веса.
- Минимальное аэродинамическое сопротивление системы в убранном и выпущенном положении.
- Высокие показатели технологичности конструкции.
- Долговечность, удобство и экономность при эксплуатации.

Силовая установка

Под силовой установкой понимаются не только авиационные двигатели, но и весь комплекс систем и устройств, обеспечивающих их работу. Это системы (комплексы) топливная, смазки (масляная), всасывания воздуха, выхлопа газов, запуска управления и автоматизированного контроля, противопожарная и противообледенительная.

В настоящее время на самолетах ГА применяются чаще всего турбореактивные (ТРД) и турбовинтовые (ТВД) двигатели, реже – поршневые (ПД). На самолетах с ПД тяга создается воздушными винтами, с ТРД она образуется вследствие истечения с большой скоростью газов из реактивного сопла, с ТВД – более 85% тяги создается воздушными винтами, а остальная за счет истечения выхлопных газов.

Для уменьшения лобового сопротивления двигатели заключаются в мотогондолы, которые также обеспечивают для работы двигателя и его охлаждения правильное распределение потока воздуха.

Механизация крыла самолета

Основным способом улучшения взлетно-посадочных характеристик является механизация крыла. Основная задача ее – создание на взлете наибольшей подъемной силы без значительного увеличения лобового сопротивления, а на посадке – наибольшей подъемной силы и наибольшего сопротивления. Механизация крыла используется также для улучшения маневренности самолета.

Термин «механизация крыла» на английском звучит как «highliftdevices», что в дословном переводе – устройства для повышения подъемной силы. Именно это и является основным предназначением механизации крыла.

Механизация крыла – перечень устройств, которые устанавливаются на крыло самолета для изменения его характеристик на протяжении разных стадий полета. Основное предназначение крыла самолета – создание подъемной силы. Этот процесс зависит от

нескольких параметров – скорости движения самолета, плотности воздуха, площади крыла и его коэффициента подъемной силы.

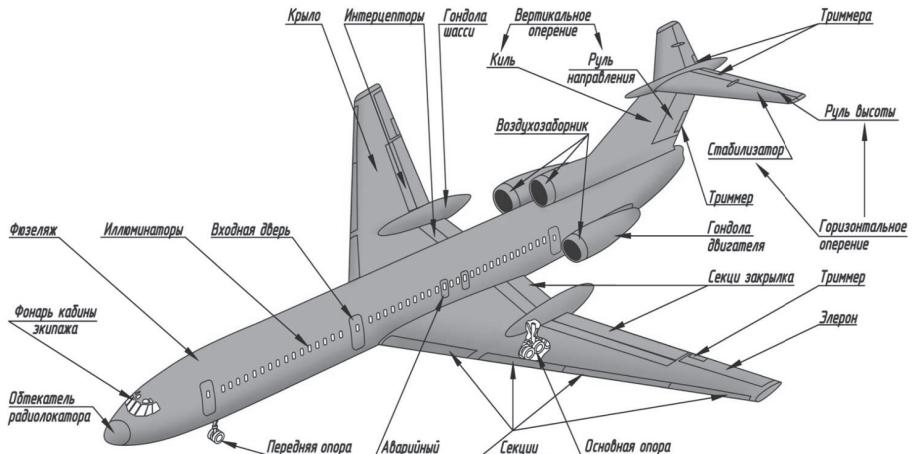


Рис 25. Основные устройства механизации крыла

Механизация крыла непосредственно влияет на площадь крыла и на его коэффициент подъемной силы, а также косвенно на его скорость. Коэффициент подъемной силы зависит от кривизны крыла и его толщины. Соответственно можно сделать вывод, что механизация крыла кроме площади крыла еще и увеличивает его кривизну и толщину профиля.

На самом деле не совсем так, ведь увеличение толщины профиля связано с большими технологическими сложностями, не столь эффективно и больше ведет к увеличению лобового сопротивления, потому этот пункт необходимо отбросить, соответственно механизация крыла увеличивает его площадь и кривизну. Делается это с помощью подвижных частей (плоскостей), расположенных в определенных точках крыла. По месторасположению и функциям, механизация крыла делится на закрылки, предкрылки и спойлеры (интерцепторы).

К основным устройствам механизации крыла относятся *посадочные щитки*, *закрылки*, *предкрылки* и *интерцепторы*.

Щитки

Щитки представляют собой отклоняемые вниз поверхности, расположенные в нижней задней части крыла. В неотклоненном положении щитки вписываются в контур крыла.

При отклонении щитка искривляется профиль крыла, происходит отсос воздуха в область пониженного давления за щитком и увеличение разрежения на верхней поверхности крыла; одновременно под крылом давление воздуха повышается вследствие его затормаживания щитком. В результате возрастают коэффициенты подъемной силы и лобового сопротивления. Щитки позволяют увеличить угол планирования, сократить посадочную дистанцию и длину пробега.

Закрылки

Закрылок представляет собой подвижную хвостовую часть крыла, которая, в отличие от элеронов, может отклоняться только вниз. Типы закрылок- простые щелевые выдвижения.

Повышение коэффициента C_{YU} крыла с простым закрылком происходит вследствие увеличения вогнутости крыла при отклонении закрылка. При выпуске щелевых закрылков между крылом и закрылком образуется профилированная щель, через которую воздух устремляется из области повышенного давления под крылом в область пониженного давления над крылом. Происходит сдувание его в верхней части крыла. Применение выдвижных закрылков позволяет получить еще большие значения C_{Ymax} за счет увеличения площади крыла.

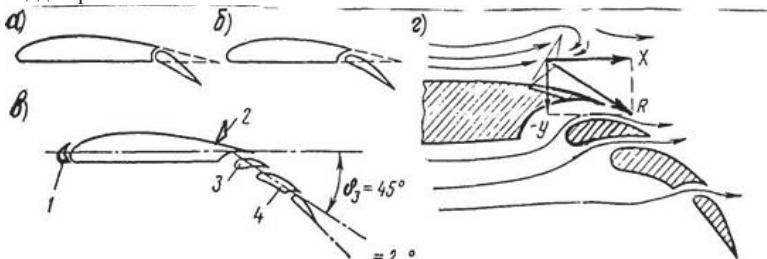


Рис. 26 Закрылки:

а — простой; б — щелевой; в — трехщелевой с предкрылком; г — схема работы трехщелевого закрылка

1 — предкрылок; 2 — интерцептор; 3 — дефлектор; 4 — закрылок

Основные типы закрылок:

- Поворотный или простой закрылок. Наиболее элементарный по своей конструкции, он позволяет увеличить силу подъема аппарата за счет изменения кривизны крыльевого профиля. Данная конструкция позволяет увеличить давление воздуха снизу крыла. Конечно же, данный тип значительно уступает по эффективности щитовому.

- Щитовой тип закрылок. Они могут быть выдвижными или простыми. Что касается простых закрылок, то они представлены управляемой поверхностью, которая находится в убранном положении, при этом они плотно прилегают к нижней части крыла. Отклоняясь, они создают сверху крыла зону разреженного давления. Соответственно, верхний пограничный слой перетекает вниз. Снизу увеличиваются показатели давления, что и создает дополнительную подъемную силу. Все это способствует отрыву и набору высоты на значительно меньших скоростях. Говоря о выдвижных щитовых закрылках, стоит отметить, что, кроме отклонения, они имеют возможность выдвигаться назад. Это в свою очередь повышает их эффективность. Данная конструкция позволяет повысить силу подъема на 60%. Их используют и в настоящее время на легких самолетах.

- Щелевой тип закрылок. Они получили свое название за счет образования щели при их отклонении. Через нее проходит поток воздуха, который направлен с большой силой в зону низкого давления, образованную под крылом самолета. При этом направление потока отлично продумано и не допускает срыва потока. Образованная закрылком щель имеет сужение к краю, что позволяет проходящему потоку получить максимальную энергию. На современных самолетах устанавливаются щелевые закрылки, состоящие из нескольких секций, которые могут образовывать от одной и до трех щелей. Используя такие закрылки, самолет получает подъемную силу до 90%.

- Закрылок Флауэрса имеет выдвижную конструкцию. Отличием является возможность выдвижения не только назад, но и вниз. Это значительно увеличивает общую кривизну

профиля крыла аппарата. Это выдвижение способно создавать до трех щелей. Прирост подъемной силы доходит до 100%.

- Закрылок Юнкера. Изготовлен по типу щелевых закрылок, только верхняя их часть выполняет функцию элерона. Это позволяет лучше осуществлять управление креном самолета. Внутренние две части конструкции выполняют работу закрылок. Такая конструкция была использована в штурмовом самолете типа Ju 87.

- Закрылок конструкции Юнгмана. Данная конструкции была впервые установлена на палубном истребителе британского производства типа Firefly. За счет увеличения площади крыла и подъемной силы их планировали использовать на всех этапах полета.

- Закрылок Гоуджа. Основной задачей конструкции было снижение скорости при заходе на посадку. Кроме изменения кривизны, они также увеличивали площадь самого крыла. Такая схема позволила сократить скорость отрыва при взлете. Изобретателем этой схемы является английский конструктор А. Гоудж, который упорно работал над схемами аэродинамики. Ими был оснащен в 1936 году самолет ShortStirling.

- Закрылок сдувного типа. Данная конструкция имела систему качественного управления верхним пограничным слоем. Сдув позволял значительно улучшить характеристики аппарата при посадке. Такая конструкция позволяла качественно обеспечить общее обтекание крыльев. Известно, что пограничный слой возникает за счет возникновения вязкого трения потока воздуха о поверхности самолета, при этом скорость потока возле обшивки равна нулю. Именно за счет системы воздействия на этот слой можно не допустить срыва потока.

- Закрылок реактивного типа. Он обеспечивает мощный поток воздуха в плоскости крыла, который вытекает с нижней поверхности. Это изменяет обтекаемость и повышает подъемную силу аппарата. При увеличении силы подъема требуется более мощный поток воздуха. Стоит отметить, что эффективность такой конструкции значительно снижается при уменьшении общего удлинения крыла. Возле земли такие закрылки не оправдывают расчеты конструкторов. В силу этого они не имеют широкого применения в авиастроении.

- Стационарный закрылок Герни представлен перпендикулярной плоскостью, которая установлена в конце крыльев.

- Закрылок Коандэ имеет постоянную кривизну поверхности. Он рассчитан на так называемый эффект Коандэ – когда струя прилипает к поверхности крыла, на которую действует выдув.

Предкрылки

Предкрылками называется профилированная передняя часть крыла, выделенная из основного профиля. Он может размещаться либо по всему размаху крыла, либо на концевых его частях (против элеронов).

Фиксированные предкрылки жестко связаны с крылом. Есть предкрылки, управляемые летчиком, а также автоматические предкрылки. Автоматический предкрылок на малых углах атаки плотно прижат к крылу, а при достижении определенного угла атаки под воздействием аэродинамических сил он выдвигается.



Рис. 27. а, б. Схема действия автоматического предкрылка:

a – малые углы атаки; б – большие углы атаки

Предкрылок выдвигается вперед и вниз, увеличивая площадь крыла в плане и кривизну профиля. При этом между предкрылком и крылом образуется профилированная суживающаяся щель. Выходящая из этой щели с большой скоростью струя воздуха прижимает воздушный поток к верхней поверхности крыла.

Использование предкрылоков позволяет на 40-50% увеличить $C_{Y_{max}}$, главным образом, за счет увеличения критического угла атаки. Предкрышки повышают также поперечную устойчивость и управляемость самолета при больших углах атаки на взлете и посадке.

Интерцепторы

Интерцепторы – отклоняющиеся пластины, расположенные на верхней поверхности крыла (воздушные тормоза).

Интерцепторы применяются в полете и на земле. Выпуск интерцепторов в полете одновременно на обеих консолях крыла уменьшает подъемную силу и увеличивает лобовое сопротивление, что позволяет выполнять снижение по более крутой траектории. Отключение интерцепторов только на одной консоли крыла осуществляется при использовании элеронов и повышает эффективность поперечного управления. На земле интерцепторы обеспечивают сокращение длины пробега при посадке и дистанции прерванного взлета.

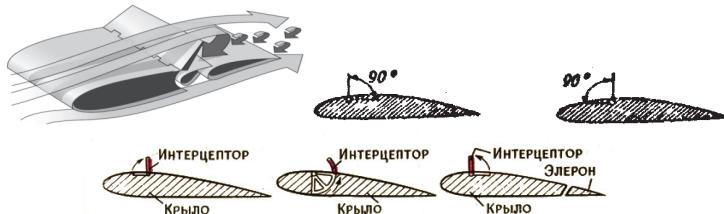


Рис.28. Схема интерцепторов



Рис 29. Основные части и конструктивные элементы самолета

Основные конструктивные элементы вертолетов.

Конструкцию вертолетов любой схемы образуют: фюзеляж, шасси, несущий винт, органы управления, приборное радио- и электрооборудование, силовая установка с системами, обеспечивающими ее работу: - топливной, масляной, всасывания воздуха, охлаждения, управления и т.п., трансмиссия, включая редукторы, валы, муфты включения трансмиссии, тормоз несущих винтов. Одновинтовые вертолеты, кроме того, имеют хвостовую балку, рулевой винт и систему управления им. Некоторые вертолеты имеют крыло, которое частично разгружает несущий винт, а также вертикальное и горизонтальное оперение.

РАЗДЕЛ 4. ЭТАПЫ ПОЛЕТА И ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

4.1 Этапы полета воздушного судна

Одним из главных назначений наземных и бортовых радиотехнических средств ГА является обеспечение нормального проведения полета ВС на всех его этапах. Чтобы понять специфику радиотехнических устройств (систем) и их применение на каждом этапе, необходимо ознакомиться с этапами полета и основами организации воздушного пространства (ВП), с соответствующими понятиями и определениями.

Полетом ВС называется его движение в ВП с целью перемещения людей, груза или решения других поставленных задач из одной точки земной поверхности в другую.

Движение ВС состоит из *поступательного* движения центра масс ВС относительно земной поверхности и *углового* движения вокруг центра масс.

Траектория полета представляет собой совокупность последовательных положений центра масс ВС в пространстве.

Проекция центра масс на поверхность земли называется *местом ВС*.

Проекция траектории полета ВС на поверхность земли или, что то же, совокупность последовательных мест ВС называется *линией пути*.

При выполнении полетов ВС его траектория задается в пространственно-временных координатах. Описание такой траектории составляет навигационную задачу, решаемую наукой – навигацией. Сюда входит:

- определение задач и программ движения ВС в пространстве и во времени, обеспечивающих наиболее безопасный и экономичный (по затратам и времени) полет с учетом метеорологических условий и их возможных изменений;
- использование методов получения информации о пространственно-временном положении ВС и параметрах режима его полета;
- применение технических средств для сбора, переработки и отображения информации о полете;
- использование полученной информации для ориентировки и обеспечения управления полетом ВС по заданной программе.

В полете аэродинамические силы, сила тяги, вес и разного рода возмущающие силы приводятся к центру масс ВС. Стабилизация центра масс ВС относительно заданной траектории и ликвидация неплановых отклонений от нее является задачей пилотирования или управления полетом. Управление полетом, таким образом, сводится к созданию с помощью рулей и двигателей управляющих аэродинамических сил и моментов относительно центра масс ВС.

Навигация и пилотирование являются составной частью общего процесса самолетовождения.

Под *самолетовождением* понимается комплекс действий экипажа ВС и работников наземных служб (прежде всего движения и эксплуатации радиотехнического оборудования и связи), направляемых на обеспечение наибольшей точности выполнения полета ВС по заданному маршруту и обеспечение посадки в аэропорту назначения в установленное время.

Осуществление полета по заданному маршруту требует выполнения большого количества четко разграниченных операций, в связи с чем выделяются отдельные этапы полета. Каждому из этих этапов свойственны один или несколько характерных режимов полетов, предусмотренных руководством по летной эксплуатации ВС.

Режим полета представляет собой сочетание таких параметров полета, как скорость, высота, угол наклона траектории, угол крена, угол тангажа и др., оказывающих основное влияние на формирование траектории полета.

В зависимости от транспортной или функционально иной операции схемы вариантов полетов и их этапов могут несколько видоизменяться. Общими для них являются следующие этапы полета: взлет, набор высоты (подъем), горизонтальный полет, вираж, снижение, посадка.

Взлет – это этап движения от момента исполнительного старта до набора высоты, соответствующей максимальной высоте препятствий на подходах к аэродрому, и приобретения безопасной скорости взлета.

Высота, называемая условной ($H_{\text{ усл}}$), отсчитывается от уровня взлетно-посадочной полосы (ВПП) в точке отрыва ВС.

В процессе взлета ВС разгоняется, отрывается от ВПП и продолжает разгон с набором высоты $H_{\text{ усл}} (10-15)\text{м}$ и безопасного значения скорости взлета, определяемой типом ВС. На этапе взлета с высоты 3-5 м начинается уборка шасси ВС, которая заканчивается на этапе начального набора высоты. После уборки шасси в точке этого этапа, соответствующей $H_{\text{ усл}} = 120 \text{ м}$, начинается уборка средств механизации крыла. Заканчивается участок начального набора высоты на высоте круга аэродрома $H_k = 400-600 \text{ м}$. К этому моменту убираются средства механизации крыла, конфигурация ВС переходит от взлетной к полетной, и скорость полета достигает величины, на 25% превышающей скорость сваливания ВС в полетной конфигурации.

На этапе набора заданной высоты полета по маршруту осуществляется дальнейший разгон ВС до маршрутной скорости и вывод на заданный путевой угол.



В маршрутном полете ВС совершает движение на установленном эшелоне полета. **Эшелон полета** – это одна из поверхностей постоянного атмосферного давления, расположенных на регламентированных расстояниях друг от друга по высоте. Этот этап полета начинается в исходном пункте маршрута (ИПМ). При полете по маршруту возможны изменения в направлении полета, которые производятся в поворотных пунктах маршрута (ППМ). Завершается маршрутный полет в конечном пункте маршрута (КПМ).

На этапе снижения ВС совершает полет с потерей высоты по наклонной прямой. Снижение ВС с высоты эшелона полета до высоты круга аэродрома (400-600 м) выполняется за строго определенное время, называемое предельным временем снижения. Выбор скорости снижения определяется из условия обеспечения комфорта пассажиров и стремления улучшить экономические показатели (уменьшить расход топлива уменьшением времени снижения). Этап снижения заканчивается в районе аэродрома, где ВС переходит в горизонтальный полет на высоте 400-600 м и приступает к выполнению захода на посадку.

Первым участком этапа захода на посадку (**участок жез**) является предпосадочный маневр по прямоугольному маршруту («коробочке»), в процессе которого ВС совершает четыре разворота. Иногда предусматривается возможность вписываться в траекторию прямоугольного маршрута с любого направления и выполнять перед посадкой только четвертый или третий и четвертый или второй, третий и четвертый развороты.

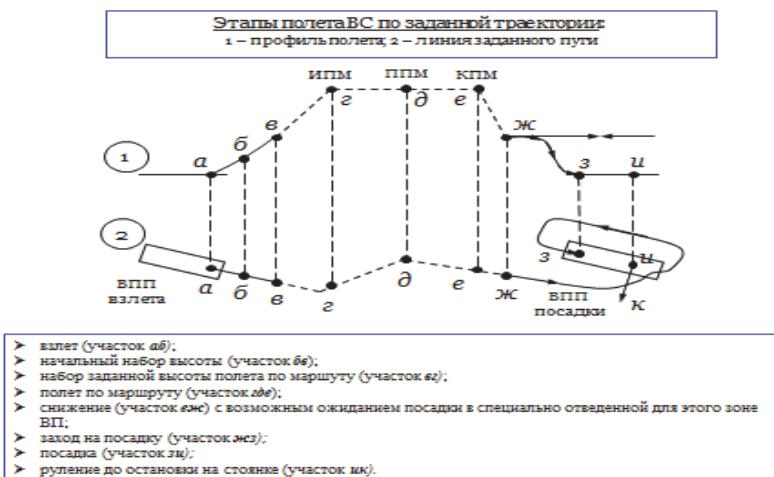


Рис. 30. Этапы полета ВС по заданной траектории.
а – профиль полета; б – линия заданного пути

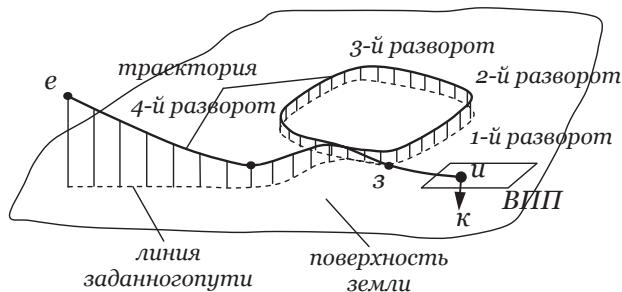


Рис.31. Этапы снижения и посадки ВС:

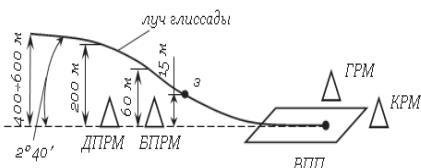


Рис.32.Заход на посадку с прямой без выполнения посадочного маневра.

Допустим также заход на посадку с прямой без выполнения посадочного маневра. Как правило, при полете по прямоугольному маршруту до третьего разворота выпускаются шасси, между третьим и четвертым разворотами закрылки устанавливаются на угол 15-30 градусов, а после четвертого разворота до начала движения по наклонной траектории закрылки выпускаются полностью. Второй участок этапа захода на посадку начинается с момента пересечения линии глиссады, образуемой радиомаяками глиссадным (ГРМ) и курсовым (КРМ) системы посадки (СП). К этому времени

скорость ВС уменьшается до величины скорости предпосадочного снижения. В точке пересечения глиссады ВС переходит в режим снижения по наклонной прямой с углом наклона $2^{\circ}40'$, равным углу наклона глиссады. При движении по глиссаде скорость ВС постоянна.

На высоте 15-20 м начинается заключительный (до руления) этап полета - посадка ВС (*участок зи*). Он состоит из четырех участков: выравнивания 1, выдерживания 2, парашютирования 3 и пробега 4. К концу участка выравнивания вертикальная скорость приземления ВС снижается до безопасной. На участке выдерживания ВС совершает горизонтальный полет на высоте 0,5-1 м с целью уменьшения горизонтальной скорости до допустимой величины. При парашютировании ВС двигается по криволинейной траектории до момента касания ВПП. После приземления начинается заключительный участок этапа посадки – пробег, завершающийся полной остановкой ВС с последующим рулением до остановки на стоянке (*участок ик*). Горизонтальное расстояние от порога ВПП до точки полной остановки ВС называется посадочной дистанцией. Следует отметить, что в зависимости от типа ВС и условий посадки участков выдерживания и парашютирования может и не быть.

Особым этапом полета является уход на второй круг. Он осуществляется в тех случаях, когда в силу различных причин (например, отсутствие визуальной видимости на высоте принятия решения о посадке, возникновение непредвиденных и превышающих допустимых отклонений от заданной траектории) становится невозможным совершить посадку ВС. На второй круг ВС может уходить на любом участке этапов захода на посадку и посадки, включая участок выравнивания. Основным ограничением при этом является высота принятия решения $H_{\text{пр}}$ при уходе ВС на второй круг. Управление ВС при уходе на второй круг отличается от управления на этапе начального набора высоты только начальными условиями.

4.2 Основные методы организации воздушного пространства

Воздушное пространство (ВП) государства используется не только для полетов ГА, но и в интересах других ведомств, связанных с полетами авиации, с запусками космических объектов, с облетом газо- и трубопроводов, лесов, автомагистралей и т.п.

Воздушное пространство ОВД - воздушное пространство определенных размеров с буквенным обозначением, в пределах которого могут выполняться конкретные виды полетов и для которого определены обслуживание воздушного движения и правила полетов.

Воздушная обстановка - одновременное взаимное расположение по вертикали и горизонтали воздушных судов и других материальных объектов в определенном районе воздушного пространства.

Для того, чтобы удовлетворить потребности всех пользователей ВП, установлена определенная структура ВП. Цель ее – создать благоприятные условия для каждого пользователя ВП при обеспечении высокого уровня безопасности полетов (БП), эффективности и своевременности выполнения ими своих задач.

Для этого в ВП выделяются два объема. В одном из них разрешаются полеты ВС, в другом – запрещается какая-либо деятельность, связанная с использованием ВП.

В пространстве, где разрешаются полеты, выделяются определенные элементы, образующие структуру ВП для ГА.

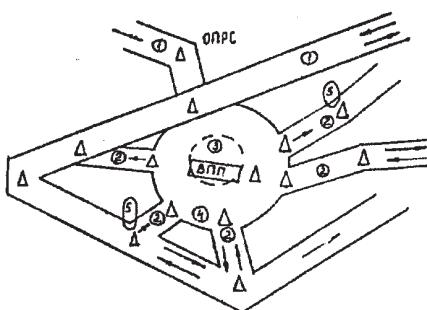


Рис. 33. Основные элементы структуры воздушного пространства:

воздушные трассы; 2 – коридоры района аэродрома; 3 - зона взлета и посадки (круг); 4 - границы района аэродрома; 5- зона ожидания;

ОПС – отдельная проводная радиостанция;
ВПП – взлетно-посадочная полоса.

Для постоянных полетов между определенными городами (аэропортами) устанавливаются воздушные трассы, оборудованные необходимыми радиотехническими средствами для навигации и управления воздушным движением (УВД). В зависимости от функциональных характеристик (ТТХ) эксплуатируемых на каждой трассе ВС, воздушные трассы имеют определенную ширину (в пределах, как правило, 8-10 км) и диапазон высот, связанный с оптимальным диапазоном высот полета для эксплуатируемых ВС. Обычно стремятся к тому, чтобы два крупных аэропорта, имеющие между собой авиатранспортные связи, соединялись трассой, имеющей наименьшее расстояние и наименьшее количество участков, ее составляющих. Этого не всегда можно достигнуть либо из-за необходимости обеспечить безопасное разделение полетов по трассе от различных зон, используемых другими пользователями, либо из-за ограниченных возможностей устанавливать на земле средства навигации и УВД по линии кратчайшего расстояния. В таких случаях воздушная трасса представляет собой совокупность отдельных участков, примыкающих друг к другу под различными углами и имеет ломаный характер.

ВС на трассе, как правило, находятся в крейсерском полете, т.е. следуют в горизонтальном полете на оптимальной в каждом случае скорости.

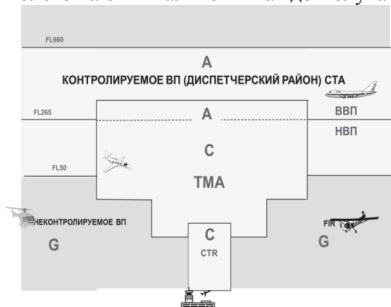
Рис. 34. Классификация воздушного пространства в вертикальной плоскости

По данным ИКАО в настоящее время на крейсерские полеты приходится около 75% летного времени.

ВП, где осуществляются остальные этапы полета, относится, в основном, к району аэродрома. Это ВП примыкает непосредственно к аэропорту, имеет размеры, как правило, в пределах 50-100 км от аэропорта в горизонтальном измерении и до 4500-6000 м в вертикальном. Эти размеры определяются, прежде всего, летно-техническими

характеристиками эксплуатируемых на аэродроме ВС, направлением подхода воздушных трасс к аэродрому, схемами предпосадочного маневрирования, количеством и направлением ВВП, тактико-техническими характеристиками радиотехнических средств навигации и УВД, а также особенностями использования ВП вблизи аэродрома, связанными с базированием авиации различных ведомств, с физико-географическими (равнинная, холмистая, горная местность и т.п.), метеорологическими и другими особенностями.

Воздушный коридор - часть ВП, в котором ВС снижаются и набирают высоту.



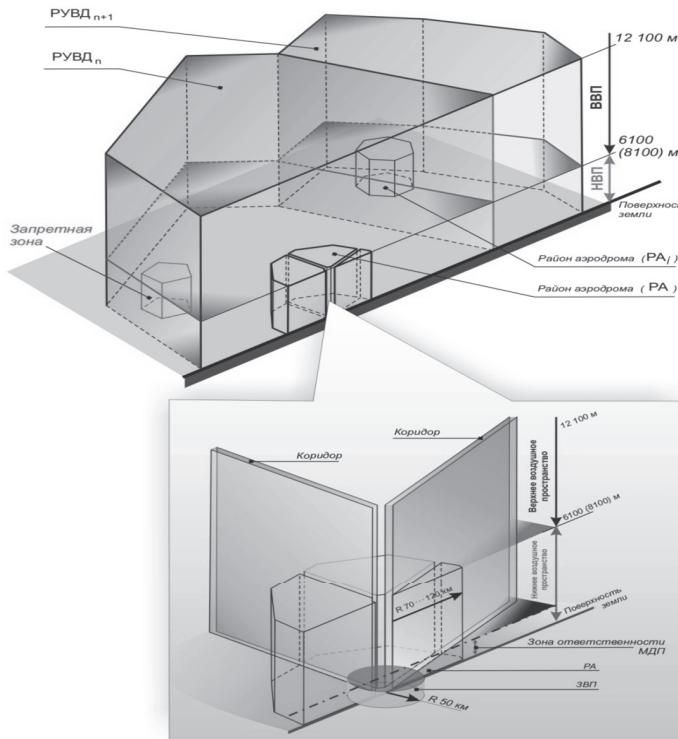
При близком расположении нескольких аэродромов воздушное пространство над ними объединяется в *район аэроузла*.

В районе аэродрома (аэроузла) воздушные суда находятся на этапах взлета, набора высоты, снижения, захода на посадку и посадки. Исходя из особенностей самолетовождения на каждом из этих этапов в районе аэродрома (аэроузла) выделяются следующие структурные элементы:

а) коридоры набора высоты и снижения, где ВС набирает высоту (после выхода на заданный курс полета по маршруту) или снижается (для подхода на высоту, с которой начинается маневрирование для захода на посадку). Таким образом, указанные коридоры являются как бы переходной зоной от крейсерского полета по воздушной трассе к высоте маневрирования для захода на посадку («входной коридор» для аэродрома), либо от высоты «круга» (при взлете) до выхода на крейсерский эшелон («выходной» коридор).

В связи с этим входные и выходные коридоры, которые иногда могут и совпадать между собой, зачастую в плане совпадают с отдельными участками воздушных трасс;

б) зона взлета и посадки – воздушное пространство от уровня аэродрома до установленной высоты, обеспечивающей безопасность полета над аэродромом в зависимости от абсолютной высоты последнего, атмосферного давления, наличия естественных и искусственных препятствий вблизи аэродрома и т.п.



Rис.35. Разделение и элементы воздушного пространства

В зоне взлета и посадки организуются маршруты взлета и набора высоты круга, а также маршруты захода на посадку).

Размеры этой зоны определяются летно-техническими характеристиками эксплуатируемых на аэродроме ВС, оптимальными маршрутами набора высоты и захода на посадку для этих ВС, возможностями радиотехнических средств навигации и УВД и другими специфическими условиями.

Как правило, размеры зоны взлета и посадки в плане простираются на расстояние 25-30 км от аэропорта. Особенno следует выделить предпосадочную прямую. Это ВП ориентировано вдоль продолжения оси ВПП и имеет размеры, зависящие от посадочных характеристик ВС, установленной безопасной высоты полета в зоне взлета и посадки, характеристик радиотехнических и светотехнических средств посадки. Как правило, посадочная прямая удалена от торца ВПП на 15-20 км и ограничена высотой 400-600 м от уровня ВПП.

Экипаж ВС, выполняя полет на предпосадочной прямой, обязан выдерживать в допустимых пределах отклонения от глиссады по вертикали и по горизонтали.

Если по каким-либо причинам не произведена посадка с первого захода, то ВС уходит на второй круг, т.е. двигается по специальному стандартному маршруту в зоне взлета и посадки, называемому по этой причине иногда «зоной круга»;

в) *зона ожидания* - часть ВП района аэродрома, предназначенного для ожидания разрешения захода на посадку. Это может возникнуть в случае, когда темп прибытия ВС к аэродрому превышает возможности ВПП по осуществлению посадок ВС в отдельные интервалы времени, либо из-за неготовности ВПП к посадке в какой-либо кратковременный период.

Основные положения организации воздушного пространства

Если бы в ВП осуществлялся полет одиночных ВС, маршруты которых не пересекались бы между собой, то очевидно, приведенных выше элементов структуры ВП было бы вполне достаточно для безопасности и эффективного выполнения полета. Рассчитанный или скорректированный экипажем в процессе подготовки и выполнения план полета выполнялся бы без каких-либо ограничений. Однако в действительности этого не происходит, так как в ВП одновременно находится большое количество ВС различных ведомств, выполняются другие работы с использованием ВП. Для того, чтобы обеспечить безопасность полетов в таких условиях, создана специальная система организации воздушного движения (ОрВД). Она представляет собой комплекс действий наземных служб (движения, эксплуатации радиотехнического оборудования и связи и др.) и экипажей ВС, направленных на обеспечение безопасности, регулярности и экономичности каждого полета в общей совокупности находящихся (или планируемых) в воздухе ВС при эффективном использовании ВП с учетом задач, решаемых различными его потребителями.

Первой фазой решения задач ОрВД является *организация воздушного движения* (ВД), исходя из потребностей и особенностей выполнения полетов, описанная выше.

Второй фазой ОрВД является *планирование использования ВП и ВД*, которое осуществляется на основе поданных заявок на использование пространства (в том числе и полеты) и недопущения перегрузок системы ОрВД. Особенность этой фазы заключается в том, что решаемые задачи не связаны с реальной воздушной обстановкой. Она как бы подготавливает благоприятные условия для осуществления управления ВД, являющегося третьей фазой ОрВД. УВД осуществляется с целью предупреждения столкновения ВС между собой в воздухе и на земной поверхности, а также для регулирования потока реально находящихся в воздухе ВС, для обеспечения решения задач, поставленных перед каждым полетом. В процессе УВД диспетчер службы движения постоянно контролирует движение

всех ВС, находящихся под его управлением, дает необходимые команды и информацию экипажам ВС, поддерживая с ними радиосвязь по установленным правилам и фразеологии радиообмена.

На каждом этапе полета имеются свои особенности самолетовождения, их необходимо учитывать при организации УВД. Создаются различные органы УВД, которые решают свои задачи применительно к различным этапам полета. В табл. 2 представлены эти органы УВД и этапы полета, на которых они осуществляют УВД.

Таблица 2

ОРГАНЫ УВД	ЭТАПЫ ПОЛЕТА
Диспетчерский пункт руления	Руление ВС по летному полю аэродрома
Диспетчерский пункт старта	Взлетно-посадочная полоса и последний участок предпосадочной прямой
Диспетчерский пункт круга	Взлет и заход на посадку
Диспетчерский пункт посадки	Посадка
Диспетчерский пункт подхода	Набор высоты и снижение с эшелона для захода на посадку
Районный центр	Крейсерский полет

Полный цикл управления движением воздушного судна

ВС в полете непрерывно находится под управлением какого-либо диспетчерского пункта службы УВД. Во внеаэродромной зоне – это районные центры (РЦ); на местных воздушных линиях – местные диспетчерские пункты (МДП); в районе аэродромов при полетах ВС по коридорам, маршрутам набора высоты и снижения, а также в зонах ожидания – это диспетчерские пункты подхода (ДПП); в зоне взлета и посадки – это диспетчерский пункт системы посадки (ДПСП), включающие, как правило, диспетчеров круга и посадки, осуществляющих УВД по маршрутам захода на посадку и на посадочной прямой. ВПП и ближайшие подступы к ней находятся в ведении стартового диспетческого пункта (СДП); движением ВС по аэродрому управляет диспетчерский пункт руления (ДПР). Планы вылетов из аэропортов с учетом складывающейся воздушной обстановки разрабатывают аэродромные диспетчерские пункты (АДП). Еще задолго до начала полета информация о нем поступает в систему УВД в виде плана полета. Примерно за 1-1,5 часа до вылета экипаж должен явиться к диспетчеру АДП для согласования условий полета, доложить о готовности выполнять полет и получить диспетческое разрешение на вылет.

В соответствии с запланированным временем вылета экипаж получает от диспетчера руления разрешение на начало движения и условия руления от места стоянки к предварительному старту, расположенному на удалении 50-100 м от ВПП. Диспетчер старта дает разрешение на занятие исполнительного старта и на взлет. После взлета и набора высоты 200 м ВС переходит под управление диспетчера круга, который сообщает экипажу условия входа ВС на траекторию набора высоты. После пролета границы зоны взлета и посадки управление движением осуществляет диспетчер подхода (диспетчер ДПП).

Однако еще до приема ВС на управление этот диспетчер имеет информацию о нем от диспетчера АДП. При установлении радиосвязи с экипажем взлетевшего ВС диспетческий подход передает ему условия выхода из района аэродрома.

На протяжении всего времени нахождения ВС под управлением диспетчера подхода он обеспечивает безопасность движения регулированием интервалом между всеми ВС, а также предотвращением отклонений от установленных маршрутов. Кроме того, диспетческий подход согласовывает условия выхода ВС с диспетчером РЦ. После пролета границы аэродрома экипаж переходит под управление к диспетчеру РЦ, который знает фактические данные о движении этого ВС от диспетчера подхода. При сообщении экипажа о входе в район УВД

диспетчер РЦ уточняет его место, как правило, с помощью наземного радиолокатора и передает на борт условия полета по трассе. В процессе УВД диспетчер РЦ должен постоянно знать местонахождение каждого ВС и в любой момент времени передать нужную команду. Диспетчер РЦ при полетах по правилам полетов по приборам (ППП) обязан обеспечивать выдерживание экипажами интервалов эшелонирования, а также не допускать отклонений от установленных воздушных трасс.

При появлении тенденции к сокращению интервалов между ВС менее допустимых диспетчер УВД должен принять меры по предупреждению сближения.

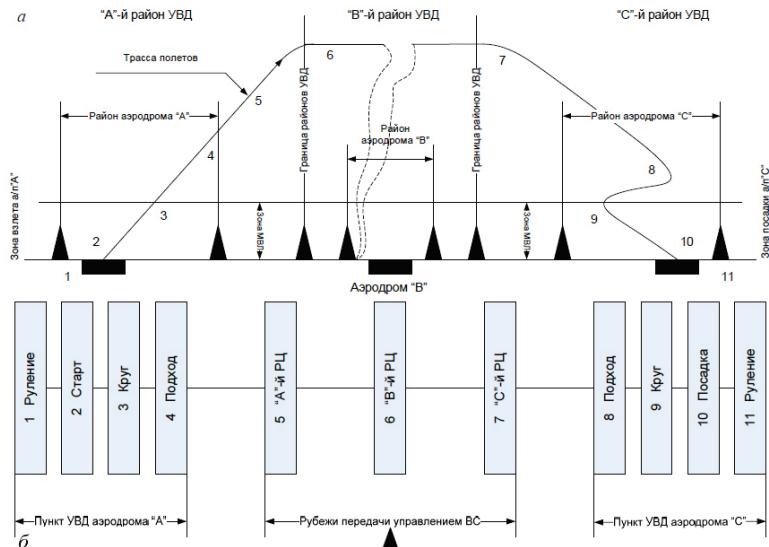


Рис.36. Схема УВД ВС от взлета до посадки в различных зонах УВД (а), диспетчерскими пунктами (б)

После получения от экипажа сообщения о расчетном времени выхода из района УВД диспетчер РЦ уточняет его и не позднее чем за 10-15 минут до выхода ВС из района УВД согласовывает с диспетчером смежного РЦ время и эшелон выхода ВС в смежный район УВД.

Такой процесс повторяется на границах между всеми смежными районами УВД, через которые ВС выполняет транзитный полет. При этом диспетчер РЦ и экипаж обязательно устанавливают радиосвязь при пролете границ районов УВД, пунктов обязательных донесений и достижении заданных эшелонов, а также во всех случаях по требованию экипажа или диспетчера. После входа ВС в район УВД, в котором расположен аэродром посадки, экипаж под руководством командира за 5-10 минут до начала снижения производит предпосадочную подготовку. В нее входят:

- получение информации о метеорологической обстановке на основном и запасных аэродромах;
- расчет остатка топлива, посадочного веса и центровки, рубежей начала снижения и безопасной высоты, элементов захода на посадку и др.

Разрешение на начало снижения экипаж получает от диспетчера РЦ, который исходя из сложившейся воздушной и метеорологической обстановки и по согласованию с диспетчером подхода назначает экипажу условия входа ВС в район аэродрома. После пролета границы района аэродрома ВС переходит под управление диспетчера подхода, который при докладе экипажа о входе ВС в район аэродрома обязан опознать его с помощью наземных радиотехнических средств и передать на борт информацию, необходимую для выполнения маневра захода на посадку (магнитный курс посадки, условия снижения и подхода к аэродрому, направление в зону ожидания и т.п.). Постоянно контролируя движение ВС, диспетчер подхода согласовывает с диспетчером круга условия входа ВС в зону взлета и посадки. При достижении ВС установленного рубежа диспетчер подхода дает указание экипажу о переходе на связь с диспетчером круга. После перехода под управление диспетчера круга экипаж получает от него условия захода на посадку. Диспетчер круга обязан непрерывно контролировать с помощью наземных технических средств соответствие маршрута захода на посадку по установленной схеме и при отклонении от схемы информировать об этом экипаж. Одной из основных задач диспетчера круга является контроль за сохранением безопасных интервалов между ВС и принятие мер по предупреждению опасных сближений. Кроме того, диспетчер круга согласовывает с диспетчером посадки темп и место подхода ВС к посадочной прямой и дает экипажу указание о переходе на связь с диспетчером посадки. Диспетчер посадки после выхода на связь с ним экипажа определяет положение ВС относительно установленной схемы захода на посадку, информирует экипаж об удалении ВС от начала ВПП. В процессе полета ВС по предпосадочной прямой диспетчер посадки постоянно контролирует положение его относительно глиссады по вертикали и горизонтали, а при наличии отклонения дает указания для выхода ВС на заданную траекторию или сообщает экипажу величину этих отклонений для принятия решения о продолжении захода на посадку или уход на второй круг. После пролета близкого приводного радиомаяка (БПРМ) с момента визуального обнаружения ВС управляет движением диспетчер СДП. Диспетчер СДП до визуального обнаружения ВС постоянно прослушивает радиообмен экипажа с диспетчером посадки, убеждается, что ВПП свободна и после выхода ВС на визуальный полет разрешает посадку, продолжая контролировать его положение относительно оси ВПП. После посадки диспетчер СДП наблюдает за пробегом ВС по ВПП и дает указание о порядке ухода с нее. Освободив ВПП, ВС переходит под управление к диспетчеру руления, от которого экипаж получает информацию о порядке руления к месту стоянки.

Назначение и методы контроля воздушного движения

Контроль ВД является неотъемлемой составной частью технологии работы диспетчеров каждого пункта УВД. Необходимость контроля обусловлена неизбежными отклонениями каждого ВС от заданной диспетчером бесконфликтной пространственно-временной траектории, учитывающей складывающуюся (развивающуюся) воздушную обстановку в секторе (районе, зоне) управления и обеспечивающую безопасность (соблюдение установленных норм эшелонирования) и экономичность полета. Эти отклонения являются следствием многих заранее непредвиденных причин, носящих, как правило, случайный характер. Главные из них заключаются в изменениях условий воздушного движения, особенно поля ветра, и в недостаточной точности самолетовождения.

Основными элементами контроля воздушного движения являются:

- постоянное наблюдение за фактическим выдерживанием каждым ВС заданной пространственно-временной траектории движения каждого ВС;
- сопоставление фактических траекторий движения с запланированным (заданным) с целью выявления отклонений от них;

- оценка обнаруженных отклонений с точки зрения безопасности (нарушение или тенденция к нарушению норм эшелонирования, отклонение за пределы установленной ширины коридора и т.п.) и экономичности (следование на экономически невыгодных эшелонах и режиме) полета.

В результате контроля диспетчер (или вычислительное устройство) должен получать данные, необходимые для дальнейшего анализа воздушной обстановки с целью принятия решения по регулированию движения каждого ВС и всего ВД в целом и передачи его в виде команд (указаний, информации) экипажу и соответствующим органам УВД (смежному диспетчерскому пункту, ведомственным пунктам управления).

Отсутствие данных о фактическом состоянии ВД в секторе (районе, зоне) управления и траекториях каждого ВС создает условия для возникновения опасных ситуаций, для избежания которых приходится либо применять завышенные нормы продольного эшелонирования, либо задерживать ВС в воздухе (либо на земле). Это приводит к снижению эффективности использования ВП (т.е. снижению его пропускной способности), экономичности и регулярности полетов.

Контроль за ВД должен удовлетворять следующим основным требованиям:

Оперативность, т.е. время, затрачиваемое на выявление и отображение информации о фактической траектории (местоположении) и скорости ВС, должно быть, по возможности, достаточно малым с тем, чтобы получаемая в результате контроля «картина» воздушной обстановки как можно меньше «кустаревала». Оперативность контроля тесно связана с частотой получения (обновления) информации о каждом ВС, которая должна быть такой, чтобы в промежутке времени между двумя последовательными моментами времени его поступления не могли возникнуть новые существенные изменения воздушной обстановки. Требования к оперативности контроля неизбежно возрастают с увеличением интенсивности полетов и скоростей (горизонтальных и вертикальных) ВС.

Объективность, т.е. получаемая информация должна быть максимально независимой от субъективных ошибок диспетчеров, экипажей ВС и других лиц, участвующих в процессе сбора и обработки информации.

Точность, т.е. используемые методы и средства измерения (получения), передачи и отображения информации на рабочих местах диспетчеров должны обеспечивать достаточно высокую точность измеряемых величин.

Информативность, т.е. используемая информация должна иметь достаточно полные сведения о каждом ВС и общей воздушной обстановке, позволяющей принимать обоснованные решения по каждому эпизоду ВД.

Полнота, т.е. используемая информация должна гарантировать от пропуска (исключения) хотя бы одного ВС, находящегося под управлением. Кроме того, требование полноты включает необходимость отражения информации о метеорологической и режимной обстановках, без чего нельзя принимать правильных решений по регулированию ВД.

Надежность, т.е. контроль должен иметь высокую степень надежности в различных условиях выполнения полета и работы диспетчеров, быть устойчивым по отношению к каким-либо помехам.

Наглядность, которая заключается в том, что результаты контроля должны представляться (отображаться) в форме, приемлемой для дальнейшего использования диспетчером, независимо от того, будет ли дальнейшая обработка информации «ручной» или автоматизированной. Для контроля за ВД в целом необходимо, прежде всего, обеспечить контроль за полетом каждого ВС, т.е. иметь возможность определять фактические элементы его движения.

Существуют три различных метода получения на пункте УВД информации о положении ВС в данный момент времени:

- метод передачи данных о координатах, навигационных параметрах (курс, высота, скорость) и плане полета экипажем ВС или специальным устройством на борту;
- метод определения координат ВС и необходимых параметров полета с помощью наземных радиотехнических средств или специальных вычислителей (радиотехнических средств), работающих автономно или совместно с бортовыми средствами;
- метод сличения пути ВС по известным или предполагаемым навигационным элементам является фактическим дополнением к первым двум, т.к. самостоятельное применение может находить лишь в промежутках между поступлениями информации о фактической траектории движения, получаемой по указанным выше двум методам.

Метод контроля по докладам экипажа применяется со времени внедрения авиационной воздушной связи и в настоящее время является обязательным в каждом полете.

В простейшем случае он заключается в периодических радиодонесениях экипажа в соответствии с установленными правилами. На пункте УВД полученные данные фиксируются и используются в дальнейшем для анализа воздушной обстановки и принятия решения.

Положительным при данном методе является его сравнительная простота и дешевизна, достаточная полнота получаемой информации и высокая надежность при ее передаче. Точность метода может быть различной, так как она целиком зависит от возможностей технических средств навигации, квалификации экипажа. На точность оказывает также влияние скорость полета и интенсивность ВД, так как при необходимости передачи информации и высокой интенсивности ВД канал связи «борт-земля» может быть загружен, и за возможное время ожидания и передачи информации ВС может пройти значительное расстояние и изменить параметры своего полета.

Большим недостатком данного метода является также его недостаточная оперативность, малая частота передачи информации и подверженность субъективным ошибкам экипажа при составлении и передаче данных о полете.

Требуемая полнота информации по всем ВС, находящимся на управлении диспетчера, на основе этого метода очень затруднительна, так как требует большого объема радиообмена и страдает органическим недостатком – неодновременностью поступления данных от разных ВС, что очень усложняет общую оценку воздушной обстановки.

Наглядное представление получаемой от экипажа информации также усложнено, требует специальных приспособлений (планшетов, табло, графиков и т.п.) и дополнительного времени на ее нанесение и осмысление.

Метод контроля с помощью радиотехнических средств получил распространение в начале второго этапа развития системы УВД, когда стали широко использоваться наземные радионавигационные и радиолокационные средства. К основным из этих средств относятся:

- а) наземные радиолокационные станции (обзорные, посадочные, обзора летного поля);
- б) автоматические радиопеленгаторы;
- в) системы близней навигации.

Перечисленные радиотехнические средства обладают различными свойствами и возможностями при контроле ВД, но имеют и общие черты, основными из которых являются:

- а) высокая оперативность получения информации о фактических параметрах движения ВС;
- б) достаточно высокая степень объективности данных;
- в) высокая точность информации и независимость ее от использования канала радиосвязи «диспетчер-экипаж» («борт-земля»);

- г) надежность наземных средств контроля, как правило, выше чем бортовых;
- д) полнота информации о состоянии ВД в определенный момент времени обеспечивается значительно проще;
- е) обеспечивается возможность наглядного представления информации о местонахождении каждого ВС и всей воздушной обстановки в целом;

К существенным недостаткам метода относятся ограничения по дальности и высоте действия радиотехнических средств, необходимость более сложных и дорогостоящих устройств для решения задачи контроля. Использование глобальных систем навигации и связи с применением ИСЗ в значительной мере снимает эти недостатки.

Описанные выше методы, как правило, дают представление о положении ВС в заданный (или близкий к нему) момент времени и не позволяют представить воздушную обстановку и ее развитие в секторе (районе, зоне) управления на определенное время вперед. Поэтому каждый из этих методов нуждается в дополнении методом, который бы на основе информации о фактическом местоположении и скоростях движения ВС, получаемой от экипажей с помощью радиотехнических средств, давал бы расчетные данные о взаимном положении всех ВС на любые моменты времени.

Таким методом является метод сличения пути (траекторий). Он основан на предположении, что в ближайшие будущие отрезки времени характер движения каждого ВС сохранится. Применение этого метода позволяет приводить местонахождения всех ВС к одним и тем же будущим моментам времени и, таким образом, решать вопросы контроля ВД и безопасности полета каждого ВС.

РАЗДЕЛ 5. ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ, СВОЙСТВА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.

5.1. Основные процессы в радиотехнических устройствах ГА.

Угловые положения ВС, определяемые при пилотировании, навигации и УВД.

Обеспечение требуемого уровня безопасности и регулярности полетов ВС ГА возможно только при условии, что экипаж ВС и задействованные наземные службы будут иметь достоверную информацию о местонахождении ВС в ВП в любой момент времени в течение всего полета. Определение местоположения ВС сводится к определению его координат радиотехническими и барометрическими методами.

Линии и поверхности положения

Иногда определить (измерить) непосредственно координаты ВС (т.е. координатные линии или поверхности) в выбранной системе координат бывает затруднительно. Проще оказывается определить некоторый параметр, связанный с координатами определенными математическими действиями, и получить так называемую линию (или поверхность) положения. Линии и поверхности положения могут не совпадать с координатными, но могут позволить определить местоположение ВС в выбранной системе координат.

Определение: линия или поверхность положения – это геометрическое место точек на плоскости или в пространстве, для которого справедливо постоянство значения координаты в выбранной системе координат, либо величины, полученной на основе математических действий над этими координатами.

Пример: ВС, принимая радиосигналы, одновременно посланные из разнесенных центров O_1 и O_2 (рис.37), не может определить расстояния до этих центров D_1 и D_2 , но измерив временной интервал между принятymi сигналами, может определить разность этих расстояний $D_1 - D_2$. Это еще не точка местонахождения ВС, но одна из точек гиперболы, так как известно, что геометрическим местом точек, для которых $D_1 - D_2 = \text{const}$, является гипербола. Для разных значений const может быть построено семейство гипербол. Это линии

положения, которые можно интерпретировать как преобразованные координатные. Очевидно, что для однозначного определения местонахождения ВС надо иметь еще один центр O_3 посылки сигналов, расположенный на линии O_1O_3 (или O_2O_3), проведенной под некоторым углом к линии O_1O_2 . Определив разность расстояний от центров O_1 и O_3 , до ВС, по ней находим еще одну гиперболу $D_1 - D_3 = \text{const}$, на которой ВС также находится. Таким образом, искомая точка местоположения ВС определяется как точка пересечения двух гипербол.

Одной из основных функций радиотехнических систем обеспечения полетов (наземных и бортовых) является определение линий положения.

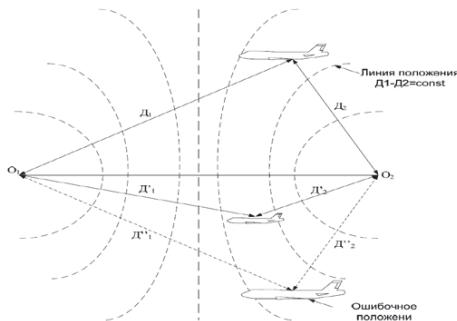


Рис37. Линии положения при разностно- дальномерном методе.

Системы координат

Местоположение ВС определяется его координатами в выбранной системе координат. Из множества систем координат обычно выбирается та, в которой легче и точнее решается конкретная навигационная задача.

В двумерной *ортогональной прямолинейной (декартовой)* системе координат ее осями X и Y определяют плоскость. При решении навигационных задач она находит ограниченное применение как из-за ошибок, возникающих при замене сферических участков земной поверхности плоскими, так и из-за трудностей непосредственного измерения координат x и у ВС.

В двумерной *полярной системе координат* (ее центр называется полюсом) координатами точки являются расстояние от полюса до точки (радиус-вектор r) и угол λ между условным начальным направлением (например, северным) и радиус-вектором r . Это также ортогональная система, так как координатные линии $r = \text{const}$ (окружность) и $\lambda = \text{const}$ (прямая) пересекаются под прямым углом. Координаты точки (цели) могут быть непосредственно измерены, например, двухкоординатным радиолокатором (полагая, правда, что наклонная и горизонтальная дальности до цели отличаются мало).

Трехмерная сферическая (полярная) система координат имеет центр, полярную ось и принятые в математике координаты:

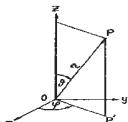


Рис.38. Сферические координаты в математике

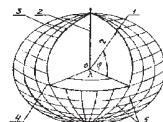


Рис.39. Сфериическая система координат в навигации:

- 1 - радиус-вектор;
 - 2 - полярная ось;
 - 3 - начальный меридиан;
 - 4 - экватор;
 - 5 - параллели.
- r - длина радиус-вектора,
 φ - долгота, λ - полярное расстояние.

Координатная поверхность при $r=\text{const}$ – сфера с центром в начале координат. В географии и в навигации принято начало координат совмещать с центром Земли, и принятые несколько иные отсчет и обозначения координат: сферическая широта φ - угол между горизонтальной плоскостью и радиус-вектором из центра сферы на цель, сферическая долгота λ - угол между плоскостью начального вертикального большого круга и плоскостью вертикального большого круга, проходящего через цель. Система – криволинейная, ортогональная.

Географическая система координат подобна сферической. Разница в том, что сфера заменена эллипсоидом вращения, как наиболее близким по форме к телу Земли. При этом вертикальные большие круги заменяются эллипсами. Линии их пересечения с эллипсоидом (сферой) называются меридианами, начальный меридиан – Гринвичский. Линия пересечения горизонтального большого круга с эллипсоидом (сферой) – экватор, а линии пересечения других горизонтальных кругов с эллипсоидом (сферой) – параллели.

Соответственно φ - географическая широта, λ - географическая долгота. От экватора к северному полюсу φ - широта положительная, к южному полюсу φ - широта отрицательная. На восток от Гринвича - долгота восточная (положительная), на запад от Гринвича - долгота западная (отрицательная).

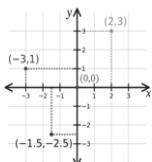
В районах, близких к экватору, меридианы практически параллельны (их схождение мало) и вместе с параллелями могут на небольших участках экватора представлять систему координат, близкую к декартовой XY, удобной для расчетов и отображения информации. Этого нельзя сказать о районах, расположенных в высоких широтах.

На помощь приходит **ортодромическая система координат**. Ортодромией называется дуга большого круга (эллипса), соединяющая начальную и конечную точки маршрута BC. В этой системе граница большого круга (эллипса), частью которой является ортодромия, называется условным экватором. Граница большого круга (эллипса), проходящего через начальный пункт маршрута перпендикулярно условному экватору, называется условным начальным меридианом. Таким образом, ортодромическая система координат подобна географической (сферической), повернутой так, что весь маршрут полета BC оказывается в зоне, где можно применять условную систему координат XY с началом в начальном пункте маршрута, осью Y, совпадающей с ортодромной, и осью X, совпадающей с условным начальным меридианом.

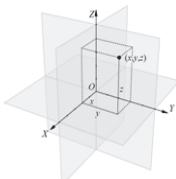
Сферическую систему координат удобно использовать, например, и при работе наземного трехкоординатного радиолокатора. В этом случае начало координат расположено в точке, где находится его антенна, полярная ось вертикальна; угловое положение цели в горизонтальной плоскости (азимут) отсчитывается от направления на север, угловое положение цели в вертикальной плоскости (угол места) отсчитывается от горизонтальной плоскости. Возможны и другие системы координат, используемые для решения навигационных задач, исходя из их специфики. Например, гелиоцентрическая система

координат используется, главным образом, в космической аэронавигации. Параметры всех систем координат могут быть пересчитаны из одной в любую другую.

Прямоугольная система координат



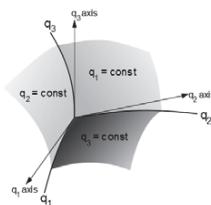
двумерная



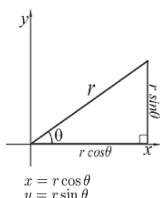
трехмерная

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Криволинейная система координат



Полярная система координат

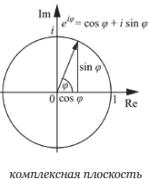


$$x = r \cos \theta$$

$$y = r \sin \theta$$

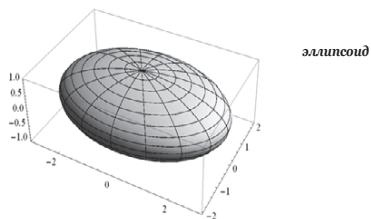
$$r = \sqrt{y^2 + x^2}$$

$$\theta = \begin{cases} 0 & x = 0 \\ \arcsin\left(\frac{y}{r}\right) & x \geq 0 \\ -\arcsin\left(\frac{y}{r}\right) + \pi & x < 0 \end{cases}$$



комплексная плоскость

Географическая система координат



$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} + \frac{z^2}{c^2} = 1$$

Рис.40. Системы координат

5.2. Виды радиотехнических сигналов и их техническая характеристика

Характеристика сигналов, используемых в радиотехнических системах ГА.

Существует много определений сигнала, отражающих (подчеркивающих) те или иные его свойства.

В радиотехнических системах *сигнал* – это некоторый колебательный процесс в электромагнитных цепях или полях, выполняющих функции носителя информации.

Используемые сигналы могут быть по длительности непрерывными или прерывистыми, с постоянной или переменной частотой, с неизменной (относительно опорного колебания) или с изменяемой (изменяющейся) фазой, с неизменным или с изменяемым уровнем.

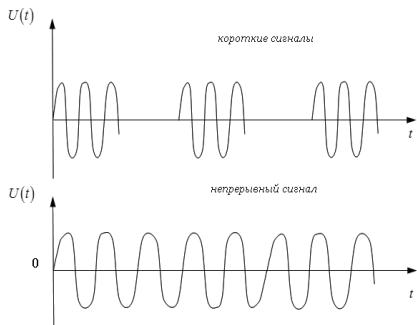


Рис.41. Сигналы различной длительности

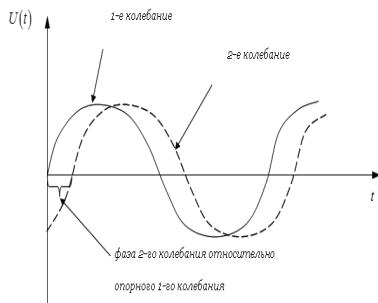


Рис.42. Набег фазы

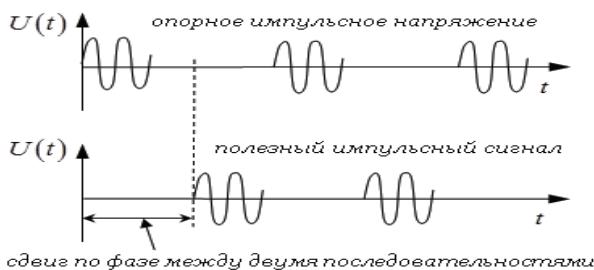


Рис.43. Задержка сигнала по времени

Основные процессы в радиотехнических устройствах.

Гармоническими называются колебания, в которых функция $f(t)$ изменяется по закону $f(t) = \sin(wt + \varphi_0)$, где w - некоторый коэффициент пропорциональности между временной и угловой мерами, а φ_0 - некоторая постоянная начальная фаза. Учитывая, что периоду Т колебаний во времени соответствует период 2π изменения угловой функции, текущее значение угла можно записать как

$$\varphi(t) = 2\pi/T = 2\pi f t = wt,$$

где $w = 2\pi f$ - коэффициент, называемый угловой частотой.

Графически гармонические колебания могут изображаться как функции от t , так и от wt .

Частота и период колебаний связаны с длиной волны соотношением

$$\lambda = cT = c/f,$$

где λ - длина волны, c – скорость света ($c=3*10^8$ м/с), T – временной период колебаний, f – частота колебаний.

Радиоволны классифицируются по диапазонам.

Таблица3

Диапазоны радиоволн по частотам

Диапазон		Частота	Длина волн
Сверхдлинные		3-30 кГц	10^5 - 10^4 м
	Длинные	30-300 кГц	10^4 - 10^3 м
	Средние	0,3-3 МГц	10^3 -100 м
	Короткие	3-30 МГц	100-10 м
Ультракороткие	Метровые Дециметровые Сантиметровые	30-300 ГГц 0,3-3 ГГц 3-30 ГГц	10-1 м 100-10 см 10-1 см
Крайне высокие частоты	Миллиметровые	30-300 ГГц	1-0,1 см

Уровень (величина) гармонического колебания характеризуется его максимальным мгновенным значением – амплитудой. Например,

$$u(t) = U \sin(\omega t + \phi_0), \text{ где } U - \text{амплитуда.}$$

Характеризовать величину негармонических сигналов принято словом «уровень» (от слова «амплитуда», во избежание ошибок, лучше воздерживаться).

Сигнал с неизменными параметрами может быть источником только пассивной информации. Например, о радиостанции, излучающей сигнал с неизменными параметрами, можно сказать, что она работает, можно по известным параметрам сигнала ее опознать, можно определить направление на нее, можно, зная ее мощность и мощность принятого сигнала, весьма приблизительно оценить расстояние от нее, но нельзя передать ни речевую, ни кодовую информацию. Это возможно только тогда, когда изменился один или несколько параметров сигнала активно, или по изменению параметров сигнала в результате изменения ситуации. Например, чтобы запросить конкретное ВС о высоте полета или остатке топлива, надо, чтобы в запросе был закодирован номер борта ВС и вид информации (топливо или высота), которую хотят получить. Кодирование производится изменением параметров запросного сигнала. Далее, в самолетном высотометре разность частот прямого и отраженного сигнала пропорциональна высоте полета – параметры результирующего сигнала изменяются при изменении высоты.

В радиотехнических системах широко используется измерение расстояния R , пройденного электромагнитной волной с постоянной скоростью c отчету времени (t_2-t_1) между принятыми и посланными сигналами

$$R = c(t_2 - t_1)$$

Временной задержке Δt сигнала при его распространении соответствует запаздывание его по фазе на расстоянии Δl .

$$\Delta\varphi = \Delta l \cdot 2\pi / \lambda = k\Delta l$$

где $k = 2\pi / \lambda$ - постоянная распространения или волновое число.

Понятие о диаграмме направленности антенн

Антенны служат для передачи радиоволн от передатчика в окружающее пространство (эфир) и для приема их из эфира приемником.

Требования к антennам радиотехнических устройств (РТУ) разного назначения могут быть различными. В одних РТУ их излучение (прием) должно быть одинаковым во всех направлениях (т.е. ненаправленным, или всенаправленным), в других – более или менее узким объемным пучком (т.е. направленным). Пучок может быть или не быть осесимметричным (рис.4.4). Направление свойства антennы описываются ее *характеристикой направленности (ХН)*.

XН антены называется зависимость интенсивности излучения (приема) от направления. XН – характеристика объемная, изображать ее на плоскости затруднительно. Обычно ограничиваются XН во взаимно перпендикулярных плоскостях (например, вертикальной и горизонтальной), пересекающихся по линии распространения волны.

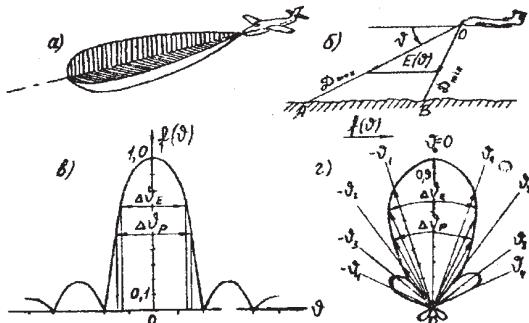


Рис. 44. Диаграммы направленности антенн:
а – объемное изображение; б – косоананская; в – в декартовой системе координат; г – в полярной системе координат.

Графическое изображение XН называется диаграммой направленности антенны (ДНА). ДНА могут строиться в декартовой или полярной системе координат. Интенсивность излучения (приема) может характеризоваться либо напряженностью Е электромагнитного поля, либо плотностью потока мощности (P). ДНА обычно строятся в относительных единицах.

$$f(\theta)_E = E(\theta)/E(\theta)_{\max} \text{ или } f(\theta)_P = P(\theta)/P(\theta)_{\max}$$

$$f(\theta)_E \text{ и } f(\theta)_P \text{ связаны соотношением } f(\theta)_P = f(\theta)_E^{-2}$$

ДНА характеризуется формой и шириной. Форма ДНА может быть лепестковой и безлепестковой, ее ширина оценивается шириной главного (самого большого) лепестка. Под шириной ДНА понимается угловой раствор (между направлениями по обе стороны главного максимума), в пределах которого $f(\theta)_E$ снижается до уровня 0.707 или $f(\theta)_P$ снижается до уровня 0.5. Очевидно, что для каждой антенны $\Delta\theta_{P,0.5} = \Delta\theta_{E,0.707}$.

На рис. 44.б показана ДНА в вертикальной плоскости, форма которой обеспечивает равные напряженности Е поля в разноудаленных точках А и В.

Так как напряженность поля обратно пропорциональна расстоянию, очевидно, надо соблюдать соотношение $E_{\max}/E_{\min} = D_{\max}/D_{\min}$. Этому условию удовлетворяет ДНА $f(\theta)_E = \cos \theta$

Форма ДНА от расстояния не зависит. Если в антенне не применены материалы с нелинейными и анизотропными свойствами, ее ДНА на передачу и на прием одинакова.

Ширина ДНА, в основном, определяется отношением $\Delta(\theta) = \frac{\lambda}{l}$,

где λ – длина волны; l – линейный размер антенны в плоскости рассматриваемой ДНА.

Характеристика высот и скоростей полета ВС при решении задач навигации.

Использование радиосигналов

Принципиально радиосигналы используются одним из трех способов.

1. Передатчик через направленную антенну посыпает сигнал в направлении цели, от которой он отражается (рассеивается) частично в направлении антенны приемника, где и принимается. Возможно и другое - направленной является приемная антenna. Обычно направленными являются обе антенные или, как правило, одна коммутируемая антenna при импульсном режиме работы является и передающей, и приемной. Этот способ широко используется в первичной радиолокации при определении направления на цель и дальности до нее.

2. Передатчик через направленную антенну посыпает запросный сигнал в направлении цели (в данном случае – ВС), где принимается антенной приемника, усиливается и является разрешающим (управляющим) сигналом на включение бортового передатчика. Бортовой передатчик через бортовую антенну излучает в окружающее пространство кодированный сигнал, содержащий затребованную информацию, которая принимается на земле направленной антенной (обычно совмещенной с передающей) и приемником. В отличие от наземных, бортовые антенные – слабонаправленные. Частоты запросного и ответного сигналов могут значительно отличаться. Этот способ широко используется во вторичной радиолокации для определения направления на цель, дальности до нее и получения дополнительной информации от ВС.

3. Передатчик через антенну излучает сигнал, содержащий определенную информацию, в окружающее пространство. В другой точке пространства (на земле или в воздухе) сигнал принимается антенной приемника, где и используется. Этот способ используется в навигации и в радиосвязи.

Углы, используемые для решения задач навигации, пилотирования и УВД.

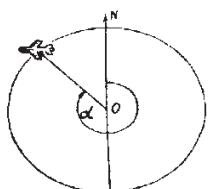
Для решения названных задач приходится разными средствами определять ряд углов, используемых как на земле, так и на ВС.

Прежде чем дать им определение, необходимо сделать уточняющие замечания. Ряд углов отсчитывается от северного направления меридiana, но меридиан может быть истинным, может быть магнитным (отличающимся от истинного тем сильнее, чем выше северная широта точки наблюдения), может быть начальным (опорным, как при ортодромической системе координат) и т.д. В общем определении углов эти конкретизации иногда опущены. Ниже будут названы не все определяемые углы.

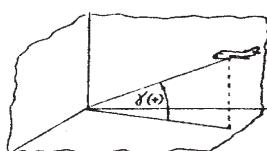
Углы, используемые на земле, следующие.

Азимут ВС (ориентира) – угол в горизонтальной плоскости (в плане) между направлением на север (по истинному меридиану) и направлением на ВС из точки наблюдения. Угол отсчитывается по часовой стрелке от направления на север.

Угол места ВС (ориентира) – угол в вертикальной плоскости между горизонтальной плоскостью и направлением на ВС из точки наблюдения. Угол отсчитывается от горизонтальной плоскости: в плюс (+) – выше плоскости, в минус (-) – ниже плоскости.



Rис 45. Азимут ВС



Rис. 46. Угол места ВС

Пеленг ВС – угол в плане между северным направлением меридиана истинного или магнитного, проходящего через радиопеленгатор, и направлением на ВС. Угол отсчитывается по часовой стрелке от направления на север. В случае магнитного меридиана различают пеленг прямой и пеленг обратный, когда угол отсчитывается до продолжения направления от ВС на радиопеленгатор.

Путевой угол заданный (фактический) – угол в плане между северным направлением меридиана и линией заданного (фактического) пути. Есть истинный и магнитный путевые углы.

Углы, используемые на борту ВС для навигации, следующие

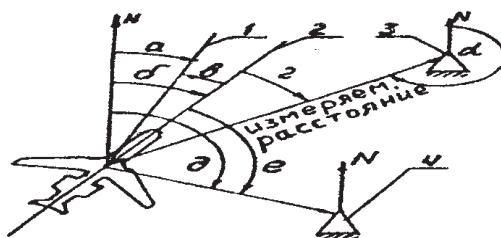


Рис. 47. Навигационные углы на борту ВС

1 – линия пути; 2 – продольная ось ВС; 3 – радиомаяк типа РСБН или VOR; 4 – приводная радиостанция; а – путевой угол; б – курс; в – угол сноса; г – курсовой угол радиомаяка; д – пеленг р/станции; е – курсовой угол р/станции

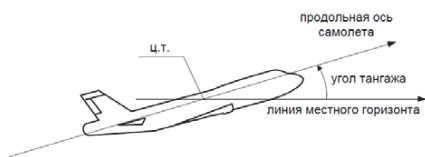


Рис.48 Угол тангажа



Рис.49. Угол крена

Азимут ВС, измеренный на борту ВС, имеет тот же физический смысл, что и азимут ВС (ориентира), используемый на земле.

Курс ВС – угол в плане между северным направлением меридиана, проходящего через ВС, и продольной осью ВС.

Курсовой угол радиостанции (ориентира) – угол в плане (КУР) между продольной осью ВС и направлением от него на радиостанцию.

Пеленг радиостанции (ориентира) – угол в плане между северным направлением местного меридиана, проходящего через ВС, и направлением на наземную радиостанцию.

Угол сноса – угол в плане между продольной осью ВС и вектором путевой скорости (направлением движения) ВС. Этот угол возникает тогда, когда надо компенсировать действие бокового ветра на направление движения поворотом ВС вокруг его центра масс.

Углы, используемые при пилотировании, следующие.

Угол тангажа(рис. 48) – угол в вертикальной плоскости между продольной осью ВС и горизонтальной плоскостью. Угол тангажа устанавливается пилотом с целью обеспечения необходимой подъемной силы при различных режимах полета.

Угол крена(рис. 49) – угол в вертикальной плоскости между прямой, соединяющей концы крыльев ВС, и горизонтальной плоскостью. Маневренность ВС в горизонтальной плоскости в значительной мере определяется допустимым углом крена.

Высоты полета ВС, используемые для решения навигационных задач

Высота полета ВС (H) – это расстояние по вертикали от определенного уровня до ВС.

Информация о высоте полета ВС необходима и экипажу ВС, и диспетчеру. Экипажу – для выдерживания заданной траектории полета в вертикальной плоскости, предотвращения столкновения с наземными препятствиями, осуществления вертикальных маневров, а также при решении таких задач, как десантирование, сброс грузов, высотно-монтажные работы и т.д.; диспетчеру – для обеспечения безопасности ВД.

Высота полета ВС измеряется, главным образом, с помощью бортовых систем.

В зависимости от уровня начала отсчета различают высоты: истинную H_i (от уровня точки, находящейся непосредственно под ВС), относительную $H_{отн}$ (от уровня порога ВПП, уровня аэродрома, наивысшей точки рельефа и т.п.) и абсолютную $H_{абс}$ (от уровня моря, у нас – Балтийского).

Высота может измеряться радиотехническим или барометрическим способами. Подробнее об этом в соответствующих учебных дисциплинах (УД).

Скорости полета ВС, используемые для решения навигационных задач.

Знание скорости полета ВС является необходимым условием для решения следующих задач:

- обеспечение безопасности и регулярности полета за счет точного выдерживания временного графика полета;
- обеспечение наилучших с точки зрения надежности двигателей и планера режимов полета ВС;
- обеспечение заданных аэродинамических характеристик ВС, что особенно важно при малых скоростях, где эти характеристики особенно сильно зависят от скорости полета;
- обеспечение заданного режима взлета и посадки ВС, а также выполнения предпосадочного маневра.

Информация о скорости полета ВС используется, в основном, при выполнении штурманом расчетов навигационных параметров.

В полете ВС перемещается как относительно воздушной среды, так и относительно земной поверхности. Известно, что скорости и направления перемещения точек поверхности земли и воздушных масс достаточно слабо между собой связаны. Поэтому полет ВС может иметь две скоростные характеристики:

воздушная скорость (V) – это скорость ВС, измеренная относительно воздушных масс, зависящая от тяги двигателей, аэродинамических качеств ВС, его полетного веса и плотности воздуха. Воздушная скорость измеряется нерадиотехническими методами. Вектор скорости совпадает с продольной осью самолета;

путевая скорость (W) – это скорость ВС, измеренная относительно поверхности земли. Величина этой скорости зависит от воздушной скорости, скорости ветра и его направления.

Способы измерения расстояний и угловых положений воздушных судов радиотехническими системами.

Получение (передача) информации с помощью радиосигнала основано на его физических свойствах и на изменении одного или нескольких его параметров по определенным законам. Не описывая работу конкретных радиотехнических систем, лишь проиллюстрируем сказанное примерами.

Радиоволны в пространстве с однородной средой распространяются прямолинейно и с постоянной скоростью c ($c = 3 \cdot 10^8$ м/с). (В неоднородной среде эти утверждения несколько неточны; в большинстве случаев этим можно либо пренебречь, либо учесть поправками).

Послав короткий радиоимпульс в сторону отражающего объекта и измерив интервал времени t между посылкой прямого и приемом отраженного импульсов, можно определить расстояние D до объекта

$$D = ct/2$$

Этот принцип используется в импульсной радиолокации.

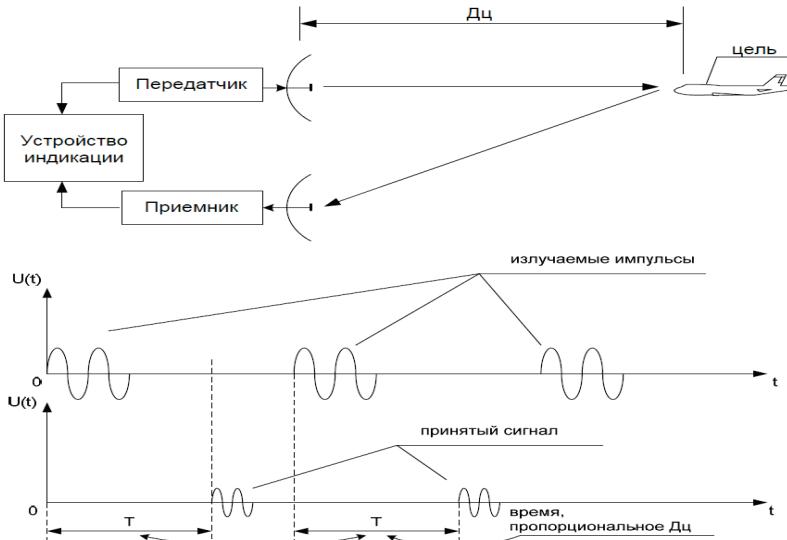


Рис.50. Импульсный метод измерения дальности.

Если посылать в сторону отражающего объекта «непрерывный» сигнал, но с частотой, изменяющейся по линейному закону $f=kt$, то одновременно между частотами посланного прямого и принятого отраженного сигналов будет существовать разница Δf

$$\Delta f = k\Delta t = 2kD/c,$$

расстояние D до объекта будет $D = \Delta f c / 2k$

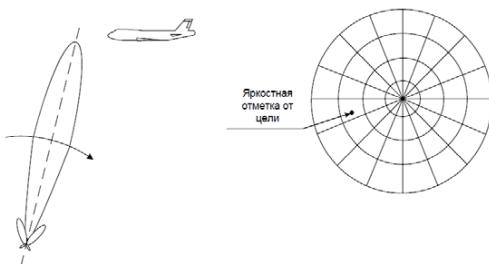
Этот принцип используется в «непрерывной» радиолокации. Непрерывный монотонно по линейному закону сигнал, разумеется, изменяться не может, - он изменяется так циклически в пределах некоторого периода времени, который не может быть очень большим. Поэтому этот принцип целесообразно использовать для определения сравнительно малых расстояний.

Скорость V полета можно измерить, произведя замеры дальности D_1 и D_2 до объекта через малые, фиксированные интервалы времени Δt , когда можно считать, что $V = \text{const}$,

$$V = (D_2 - D_1) / \Delta t = \Delta D / \Delta t$$

Скорость можно также измерить по изменению частоты отраженного сигнала вследствие эффекта Доплера ($f_{\text{отр}} = f \pm f_{\text{доп}}$). Здесь отметим лишь, что $f_{\text{доп}}$ пропорциональна скорости взаимного сближения или удаления источника излучения и объекта ($f_{\text{доп}} = V$).

Рис.51 Амплитудный метод.



максимума луча антенны на север, то направление получения максимума отраженного сигнала и будет азимутом объекта, прочитываемым непосредственно по шкале.

По сигналам с земли можно определить азимут ВС и на борту. В момент прохождения направленного луча земной антенны радиомаяка северного направления другая земная ненаправленная антenna излучает в пространство сигнал, который может быть принят антеннами всех ВС, находящихся в зоне действия маяка. Этот сигнал запускает на борту ВС счетчик времени (начало отсчета времени). Когда вращающийся узкий земной луч проходит направление на ВС, сигнал этой антенны принимается на борту ВС и прерывает работу счетчика времени. Время, отсчитанное счетчиком, пропорционально углу поворота зеркала земной направленной антенны от северного направления. Зная стабилизированную угловую скорость Ω вращения зеркала земной антенны, отсчитанное на борту ВС время можно перевести в угол (азимут α) $\alpha = \Omega t$

РАЗДЕЛ 6. РАДИООБОРУДОВАНИЕ ВС И АП И ИХ РОЛЬ В УВД.

6.1 Радиооборудование ВС

В настоящем пособии задача детального (глубокого) изучения конкретного радиотехнического оборудования (РТО) не ставится - это задача специальных дисциплин. Здесь же основной целью является ознакомление с тем, какое РТО на борту имеется, какие функциональные задачи оно решает и, по возможности, какими методами (или на каких принципах) РТО, устанавливаемое на борту ВС, обычно подразделяют на три группы - связное, радионавигационное и радиолокационное. Иногда в отдельную группу выделяют оборудование обработки и отображения информации. По принципу реализации функций бортовое оборудование может являться автономным или работать совместно с наземными радиотехническими системами.

Связное оборудование

Проводная система внутрисамолетной связи

Основой внутрисамолетной проводной связи являются самолетные переговорные и громкоговорящие системы. Эти системы имеют набор пультов управления по числу абонентов, усилительные устройства и проводную сеть. Основными задачами внутрисамолетной связи являются:

- осуществление переговоров между членами экипажа;
- выход членов экипажа на внешнюю связь через соответствующие радиостанции;
- прослушивание сигналов приемных устройств бортовых навигационных систем;
- вещание музыкальных программ в пассажирские салоны самолета;
- запись специальной информации для идентификации нештатных и аварийных ситуаций.

На земле азимут объекта (ВС) можно определить, используя направленные свойства антенн радиолокатора. При вращении зеркала приемо-передающей антенны отраженный сигнал появится только тогда, когда отражающий объект попадет в узкий створ ее луча (ее характеристики направленности). Если установить ноль градусной шкалы так, чтобы он соответствовал направлению

Переговорное устройство внутренней связи имеет абонентские аппараты первого и второго пилотов, штурмана, бортинженера и бортрадиста с авиагарнитурами. К щитку бортпроводника подключается микрофон и микротелефонная трубка. Для прослушивания сигналов радионавигационных систем в проводную сеть подключены выходы автоматического радиокомпаса (АРК), инструментальной системы посадки (СП), радиотехнической системы ближней навигации (РСБН), самолетного дальномера (СД) и радиовысотомера (РВ). Документирование информации осуществляется с помощью магнитофона, который имеет противоударную конструкцию и теплозащиту. Для выполнения операций по техническому обслуживанию самолета и его систем аппаратура внутренней связи имеет розетки в технических отсеках для подключения авиагарнитуры. Для записи переговоров членов экипажа дополнительно используются выносные микрофоны, установленные в кабине самолета.

Оборудование внешней радиосвязи

Для обеспечения связи экипажа самолета с наземными службами на борту установлены радиостанции двух типов- для работы в диапазоне УКВ и для работы в коротковолновом (КВ) диапазоне волн. На борту устанавливаются по два комплекта КВ и УКВ радиостанций. Радиостанция УКВ работает в диапазоне частот от 118,0 МГц до 135,975 МГц, в котором частотные рабочие каналы разнесены на 25 кГц или на 8,3 кГц. УКВ радиостанция обеспечивает связь только в пределах прямой видимости, и на высоте полета 10 км дальность связи достигает 350 км. УКВ радиостанция еще называется командной, поскольку, в основном, используется первым и вторым пилотами для связи с диспетчерами УВД. При этом по каналам связи проходит команда (управляющая) информация. В этом же диапазоне волн экипаж получает метеоинформацию.

КВ радиостанция используется экипажем, главным образом, для дальней связи с диспетчерскими пунктами аэропортов на международных и внутренних авиалиниях. Эта радиостанция используется также для связи с диспетчером УВД при отказе УКВ радиостанций. Пульты управления радиостанциями расположены в зоне видения пилотов.

Радионавигационное оборудование

В состав радионавигационного оборудования самолета входят следующие системы:

- аппаратура навигации и посадки;
- радиотехническая система ближней навигации;
- система спутниковой навигации;
- радиодальномер;
- радиовысотомер малых высот;
- автоматический радиокомпас;
- доплеровский измеритель скорости самолета и угла сноса.

Аппаратура навигации и посадки

В составе навигационного комплекса самолета эта аппаратура обеспечивает важнейшую функцию выполнения посадочного маневра. При этом посадка может выполняться в ночное время и в сложных метеоусловиях.

Самолет должен идти на посадку прямолинейно по глиссаде с постоянной скоростью. Известно, что глиссада представляет собой линию пересечения двух плоскостей – вертикальной, проходящей через ось ВПП, и слегка наклонной ($\text{угол } 2^{\circ} 40'$) к плоскости расположения ВПП, проходящей через перпендикуляр к оси ВПП у ее порога. Первая в пространстве задается курсовыми радиомаяками (КРМ) и определяет курс посадки. Вторая в пространстве задается глиссадным радиомаяком (ГРМ) и определяет угол наклона глиссады.

(Предостережение: название «глиссадный» не должно вводить в заблуждение, ГРМ без КРМ глиссаду создать не может).

КРМ и ГРМ вместе с несколькими маркерными радиомаяками (МРМ) входят в состав наземной системы посадки (например, СП-90 и др.). МРМ территориально расположены на позициях соответствующих приводных радиостанций (ПРС). Упрощенная схема размещения КРМ, ГРМ, МРМ и ПРС приведена на рис. 52

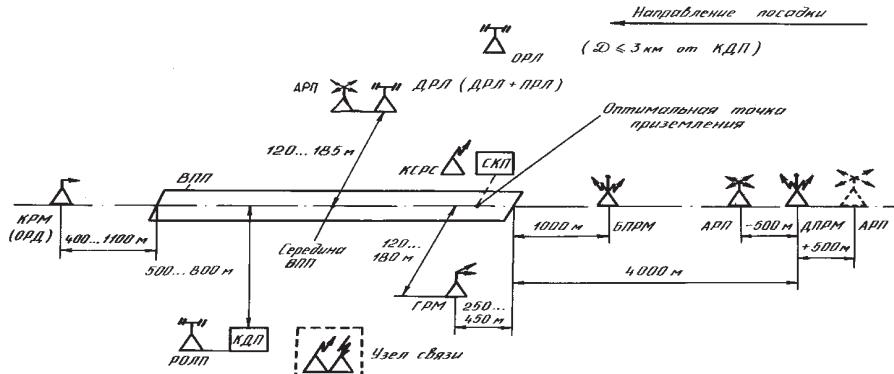


Рис. 52. Примерная схема расположения радиотехнических систем посадки

Принцип формирования плоскостей ля КРМ и ГРМ одинаков. Диаграмма направленности в горизонтальной плоскости антенной системы КРМ имеет два лепестка, направления максимумов которых отвернуты от оси ВПП на некоторый угол в разные стороны с таким расчетом, чтобы в направлении оси ВПП уровни лепестков были равными.

Сигналы, излучаемые по обоим лепесткам, имеют одинаковую несущую частоту, но по-разному “окрашены”, т.е. имеют отличительные признаки, что дает возможность их опознания на борту. Если ВС находится на оси ВПП, то на бортовой приемник поступают одинаковые амплитуды сигналов по обоим лепесткам ДН.

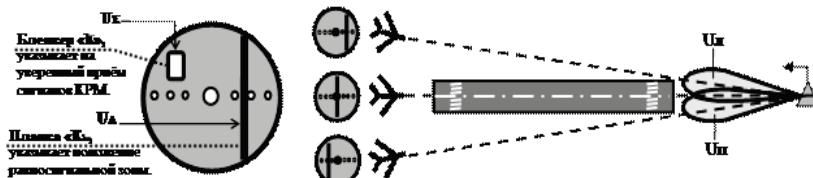


Рис. 53. Принцип действия КРМ

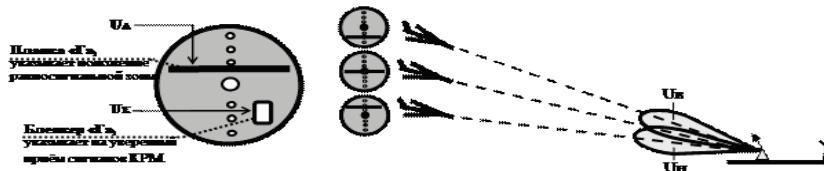


Рис. 54. Принцип действия ГРМ

При отклонении ВС от требуемого курса равновесие сигналов по лепесткам нарушается. Соотношение амплитуд обоих сигналов отражается на индикаторе: при их равенстве его указатель находится в среднем положении, при неравенстве он отходит от среднего положения, показывая, где от продольной оси ВС находится равносигнальная зона курса посадки.

В составе бортовой системы инструментального захода на посадку имеются три приемника (курсовый, глиссадный и маркерный), устройство обработки сигналов и индикаторное устройство. В качестве индикаторного устройства используется пилотажно-навигационный прибор (ПНП-1), который имеет две стрелки - курсовую и глиссадную. Среднее положение стрелок выполнено на приборе в виде соответствующих рисок. В поле прибора имеются два бленкера – курсовой и глиссадный. Флажки бленкеров срабатывают при входе самолета в зону действия наземных курсо-глиссадных маяков и свидетельствуют о нормальной работе всего комплекса посадки. Бортовая аппаратура работает таким образом, что при полете самолета точно по глиссаде соответствующие стрелки расположены в центре прибора (рис.54). При отклонении самолета, например, от курса, как это показано на рис. 53, стрелка прибора также отклоняется. Таким образом, задача пилотов состоит в том, чтобы при выполнении посадки удерживать стрелки ПНП-1 в центре перекрестка.

Маркерный радиоприемник бортовой системы совместно с наземными маркерными радиомаяками обеспечивает фиксацию моментов пролета самолета позиций приводных радиостанций. Конфигурация диаграммы направленности антennы наземного маркерного радиомаяка такова, что сигнал на выходе маркерного бортового приемника появляется только при пролете над маяком. Моменты пролета самолета над маяками фиксируются с помощью звуковой и световой сигнализации. Экипаж определяет высоту самолета в моменты пролета приводных радиостанций и сравнивает ее с требуемой. Таким образом экипаж имеет дополнительную возможность контроля за выдерживанием линии снижения самолета при отказе или отсутствии наземной системы посадки.

Радиотехническая система ближней навигации

Бортовая радиотехническая система ближней навигации РСБН-7С работает в комплексе с наземной системой ближней навигации (РСБН-4Н). Использование этой системы позволяет получать на борту информацию о местоположении ВС в полярной системе координат относительно наземной системы РСБН-4Н. Так как наземная аппаратура устанавливается, как правило, на территории аэродрома, то и местоположение самолета также определяется относительно аэродрома.

Определение координат ВС с помощью системы РСБН осуществляется по двум независимым каналам - дальномерному и азимутальному. При определении азимута используются направленные свойства антенны наземной станции в горизонтальной плоскости. Зеркало антennы при работе вращается, обеспечивая тем самым вращение диаграммы направленности и, следовательно, постепенный обзор воздушного пространства. Работа системы устроена таким образом, что в РСБН-7С появляется импульс каждый раз, когда антenna наземной станции пересекает северное направление. Так осуществляется формирование начала отсчета азимута для всех ВС, находящихся в зоне действия наземного маяка и оборудованных системой ближней навигации. Северный импульс начала отсчета на борту запускает специальный электронный счетчик времени, который останавливается в момент облучения антенной наземной станции данного конкретного ВС. Зная угловую скорость вращения антennы наземной станции и время между началом отсчета (северное направление) и моментом облучения ВС, можно определить угол между северным направлением и направлением на наземный РСБН-4Н. Этот угол и будет являться азимутом ВС относительно конкретной наземной станции РСБН-4Н. На штурманской карте нанесены

позиции (места расположения) наземных станций РСБН-4Н, и экипаж знает, с какой именно станцией он в данный момент работает. Зная место расположения наземной станции и измерив азимут, штурман на карте может нанести первую линию положения для своего ВС. Это будет радиус-вектор. Для определения местоположения самолета надо знать длину радиуса-вектора, т.е. дальность между ВС и наземной станцией.

Эта задача решается с помощью дальномерного канала системы ближней навигации. Принцип действия измерителя дальности основан на измерении временных интервалов, пропорциональных расстоянию. Самолетный запросчик (передатчик РСБН-7С) излучает сигналы в виде кодированных радиоимпульсных последовательностей. Одновременно этот запросный сигнал запускает в бортовой системе РСБН-7С специальный электронный счетчик времени. Излученный самолетным запросчиком сигнал принимается приемником наземной системы РСБН-4Н и переизлучается наземным передатчиком в эфир. Далее этот сигнал принимается приемником бортовой системы и после обработки используется для остановки электронного счетчика времени. Скорость распространения электромагнитных волн постоянна и равна скорости света. Зная скорость и время, бортовая аппаратура определяет расстояние между самолетом и наземным маяком РСБН-4Н. Таким образом, с помощью систем ближней навигации РСБН-7С с РСБН-4Н определяют местоположение ВС в пространстве (с учетом измерения высоты полета).

Самолетный радиодальномер

Измерение дальности до наземного радиомаяка основано на измерении времени задержки между излученным бортовым передатчиком запросным сигналом и принятым приемником ответным сигналом наземного радиомаяка.

Спутниковые системы навигации

Требования к навигационному обеспечению воздушных судов определяются в первую очередь необходимостью обеспечения безопасности полетов воздушных судов в условиях сложившейся структуры деления воздушного пространства. В соответствии с этим рассматриваются различные этапы полета: по трассам, воздушным линиям, в аэродромной или аэроузловой зоне, взлет, заход на посадку и посадка, пробег по взлетно-посадочной полосе и рулежные дорожки.

Глобальная навигационная спутниковая система представляет собой глобальную систему определения местоположения и времени, включающую одно или несколько созвездий навигационных спутников, бортовое оборудование (БО ГНСС) и систему контроля целостности, дополненную по мере необходимости с целью поддержания требуемых навигационных характеристик для планируемой операции.

ГНСС, соответствующая Стандартам ИКАО, является стандартным средством навигации при полетах воздушных судов в океаническом воздушном пространстве, по маршруту и в районе аэродрома, в том числе, методом зональной навигации, при выполнении экипажами воздушных судов схем стандартного вылета по приборам (SID), схем стандартного подхода по приборам (STAR), неточных заходов на посадку (NPA), заходов на посадку с вертикальным наведением (APV) и точных заходов на посадку (GBAS landingsystem или сокращенно GLS).

ГНСС обеспечивает определение местоположения и времени на воздушном судне по измерениям псевдодальностей между воздушным судном, оборудованным приемником ГНСС, и различными источниками сигналов, размещенными на спутниках или на земле. Для определения трехмерного местоположения и времени необходимо получение БО ГНСС информации как минимум от четырех спутников. Точность определения местоположения потребителя зависит от точности измерений псевдодальностей от спутников и взаимного расположения (геометрии) спутников, используемых для измерения.

Навигационное обслуживание ГНСС обеспечивается с помощью различных комбинаций следующих элементов ГНСС, установленных на земле, на спутниках и/или на борту воздушного судна:

- а) Глобальная система определения местоположения (GPS), которая обеспечивает службу стандартного определения местоположения (SPS);
- б) Глобальная навигационная спутниковая система (ГЛОНАСС), которая обеспечивает канал стандартной точности (CSA);
- в) бортовое оборудование ГНСС;
- г) бортовая система функционального дополнения ABAS;
- д) спутниковая система функционального дополнения SBAS;
- е) наземная система функционального дополнения GBAS (в Российской Федерации для обозначения станции GBAS также применяется наименование - локальная контрольно-корректирующая станция (ЛККС), которое используется в настоящем документе по мере необходимости, наряду с термином станция GBAS, применяемым ИКАО);
- ж) наземная региональная система функционального дополнения GRAS.

Основными элементами ГНСС являются два основных спутниковых созвездия – GPS и ГЛОНАСС, поддерживаемые соответственно Соединенными Штатами Америки и Российской Федерацией.

Эти две системы соответствуют требованиям Стандартов ИКАО и могут быть использованы как самостоятельно, так и в комбинации друг с другом, с новь вводимыми в эксплуатацию спутниковыми навигационными системами, а также с системами функционального дополнения ГНСС.

Бортовое оборудование БО ГНСС состоит из антенны, радиоприемника и процессора, который рассчитывает местоположение, скорость, время, а также другие данные, зависящие от его предназначения.

Бортовое оборудование ГНСС подразделяется на следующие группы:

а) по способу установки на борту ВС:

стационарное БО ГНСС, предназначенное для использования в качестве штатного навигационного оборудования ВС. Это оборудование размещается на ВС в соответствии с документацией, утвержденной или согласованной разработчиком ВС;

портативное(переносное) БО ГНСС, предназначенное для использования экипажем в качестве индивидуального навигационного средства летчика (штурмана). Это оборудование, как правило, размещается на борту ВС на время полета и снимается после его завершения;

б) по возможности использования созвездий ГНСС и функциональных дополнений:

БО, работающее только по сигналам системы GPS (ГНСС-GPS);

БО, работающее только по сигналам системы ГЛОНАСС (ГНСС-ГЛОНАСС);

совмещенное БО, работающее по сигналам систем ГЛОНАСС и GPS (ГНСС-ГЛОНАСС+GPS);

БО, работающее по сигналам GBAS (ГНСС/ЛККС или ГНСС/GLS);

БО, работающее по сигналам SBAS (ГНСС/SBAS).

в) по функциям и структурному построению:

приемоизчислители (приемники, функциональные модули, платы);

приемоиндикаторы (ПИ);

комплексированное БО ГНСС (ГНСС/ИНС, ГНСС/система управления полетом (FMS))

г) по взаимодействию с бортовыми навигационными средствами и комплексами воздушного судна:автономное БО ГНСС;неавтономное БО ГНСС.

Автономное БО ГНСС обеспечивает выдачу навигационных данных, необходимых для самолетовождения, на собственный индикатор (дисплей), а также может дополнительно

выдавать информацию на другие индикаторы ВС (многофункциональный индикатор, систему электронной индикации, пилотажный навигационно-плановый прибор и др.).

Неавтономное БО ГНСС предназначено для применения в качестве датчика навигационных данных для бортовых комплексных средств навигации (навигационно-вычислительной системы, многофункционального пульта индикации и управления и т. д.) и не имеет собственного индикатора (дисплея).

В соответствии с квалификационными требованиями КТ-34-01 «Бортовое оборудование спутниковой навигации», утвержденными Межгосударственным авиационным комитетом, бортовое оборудование ГНСС по предназначению делится на три класса: А, В и С.

Бортовое оборудование класса А предназначено для применения в качестве автономного средства навигации, в котором должна быть реализована функция RAIM.

Бортовое оборудование класса А делится на подклассы:

- А1 – оборудование, которое должно обеспечивать возможность навигации на этапах полета по маршруту, маневрирования в зоне аэродрома и NPA (без использования наземных курсоглиссадных или иных радиотехнических средств обеспечения посадки);
- А2 – оборудование, которое должно обеспечивать возможность навигации на этапах полета по маршруту и маневрирования в зоне аэродрома.

Бортовое оборудование класса В предназначено для применения в качестве датчика навигационных данных для бортовых комплексных средств навигации (навигационная вычислительная система, многодатчиковая навигационная система, многофункциональный пульт индикации и управления и т. п.).

Бортовое оборудование класса В делится на подклассы:

- В1 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту, маневрирования в зоне аэродрома и NPA (без использования наземных курсоглиссадных или иных радиотехнических средств обеспечения посадки) и в котором должна быть реализована функция RAIM;
- В2 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту и маневрирования в зоне аэродрома и в котором должна быть реализована функция RAIM;
- В3 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту, маневрирования в зоне аэродрома и NPA (без использования наземных курсоглиссадных или иных радиотехнических средств обеспечения посадки); оборудование класса В3 может применяться только во взаимодействии с комплексной навигационной системой, в которой выполняется контроль целостности, уровень которого эквивалентен уровню RAIM;
- В4 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту и маневрирования в зоне аэродрома; оборудование класса В4 может применяться только во взаимодействии с комплексной навигационной системой, в которой выполняется контроль целостности, уровень которого эквивалентен уровню RAIM.

Бортовое оборудование класса С предназначено для применения в качестве датчика для бортовой комплексной навигационной системы (навигационного вычислителя или многодатчиковой навигационной системы), которая формирует управляющие сигналы для автопилота или директорные команды для пилотажно-командного прибора с целью уменьшения ошибок пилотирования.

Бортовое оборудование класса С делится на подклассы:

- С1 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту, маневрирования в зоне аэродрома и NPA (без использования

наземных курсоглиссадных или иных радиотехнических средств обеспечения посадки) и в котором должна быть реализована функция RAIM;

- С2 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту и маневрирования в зоне аэродрома и в котором должна быть реализована функция RAIM;
- С3 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту, маневрирования в зоне аэродрома и NPA (без использования наземных курсоглиссадных или иных радиотехнических средств обеспечения посадки); оборудование класса С3 может применяться только во взаимодействии с комплексной навигационной системой, в которой выполняется контроль целостности, уровень которого эквивалентен уровню RAIM;
- С4 – оборудование, которое должно обеспечивать выдачу навигационных данных на этапах полета по маршруту, маневрирования в зоне аэродрома; оборудование класса С4 может применяться только во взаимодействии с комплексной навигационной системой, в которой выполняется контроль целостности, уровень которого эквивалентен уровню соответствующего RAIM.

При осуществлении операций по ГНСС на навигационных приборах ВС должна обеспечиваться следующая индикация:

- бокового отклонения от линии заданного пути схем вылета, прибытия и захода на посадку по ГНСС;
- заданного путевого угла, формируемого БО ГНСС и отклонение фактического путевого угла от заданного;
- индикация горизонтального и вертикального отклонений ВС от курса и глиссады при выполнении точного захода на посадку по ЛККС;
- режима работы ГНСС (MSG);
- пролета навигационных точек (WPT);
- готовности режима захода (ARM);
- включения режима захода (ACTV).

Основное и дополнительное бортовое оборудование ГНСС.

В качестве основного средства навигации может использоваться БО ГНСС, которое обеспечивает выполнение требуемых навигационных характеристик (RNP) по точности, целостности, непрерывности, готовности и надежности, установленных для полетов по маршрутам, в районе аэродрома и неточного захода на посадку и/или других процедур в конкретной области воздушного пространства.

В качестве дополнительного средства навигации может использоваться БО ГНСС, которое обеспечивает выполнение требований к точности и надежности самолетовождения при комплексном использовании с основным (штатным) навигационным оборудованием ВС и применение которого санкционировано в сочетании с этим основным навигационным оборудованием ВС. Такое санкционирование позволяет использовать БО ГНСС для навигации в течение большей части полета ВС с учетом того, что для его резервирования имеется основное навигационное оборудование.

Функциональные дополнения ГНСС

Бортовая система функционального дополнения ABAS обеспечивает соответствие навигационного обслуживания ГНСС авиационным требованиям за счет особых приемов обработки данных ГНСС бортовыми системами ВС или интегрирования данных ГНСС с данными других навигационных систем.

ABAS основывается на применении одной из следующих технологий:

- автономный контроль целостности в приемнике (RAIM), который использует избыточную информацию ГНСС для обеспечения целостности данных ГНСС;
- автономный контроль целостности на борту (AAIM), который использует информацию от дополнительных бортовых датчиков для обеспечения целостности данных ГНСС;
- интегрирование БО ГНСС с другими датчиками (например, инерциального счисления) для обеспечения улучшенных характеристик бортовой навигационной системы.

Спутниковая система функционального дополнения SBAS контролирует сигналы основного спутникового созвездия (GPS или ГЛОНАСС), используя сеть станций наблюдения, распределенных в пределах обширного географического района. Для каждого контролируемого спутника основного спутникового созвездия SBAS оценивает ошибки передаваемых параметров эфемерид и спутниковых часов и затем передает эти поправки и другие данные потребителям через геостационарный спутник.

Зона действия SBAS определяется зоной действия геостационарного спутника, а зона обслуживания – поставщиком услуг (оператором) SBAS.

Наземная система функционального дополнения GBAS предназначена для обеспечения точного захода ВС на посадку или GLS с использованием сигналов ГНСС. Она также может обеспечить обслуживание по определению местоположения ВС в зоне действия наземной станции GBAS, ограниченной дальностью прямой видимости.

Наземная станция GBAS контролирует сигналы GPS и/или ГЛОНАСС в районе аэродрома и передает воздушным судам в ОВЧ-диапазоне относящиеся к данному району поправки к псевдодальнностям, параметры целостности, номера неработоспособных («забракованных») спутников и данные конечного участка захода на посадку (FAS).

Заход на посадку по GLS аналогичен заходу по радиомаячной системе посадки (PMC). Отличие заключается в том, что при GLS отклонение ВС от номинальной линии курса и глиссады определяется путем сравнения истинного положения ВС, вычисленного по сигналам ГНСС/GBAS, с данными бортовой навигационной базы данных и блока FAS.

Одна наземная станция GBAS может обеспечивать точный заход ВС на посадку на всех взлетно-посадочных полосах аэродрома с обоими курсами посадки, а при определенных условиях – на нескольких близкорасположенных аэродромах.

Наземная региональная система функционального дополнения GRAS предназначена для обеспечения выполнения воздушными судами операций с использованием ГНСС на маршруте, в районе аэродрома, неточных заходов на посадку, вылетов и заходов на посадку с вертикальным наведением в определенной области воздушного пространства (регионе).

GRAS представляет собой результат совмещения принципов действия SBAS и GBAS с целью улучшения характеристик и расширения возможностей ГНСС по навигационному обеспечению потребителей. В GRAS подобно SBAS используется распределенная сеть опорных станций для контроля сигналов спутникового созвездия ГНСС и центр обработки для расчета целостности ГНСС и дифференциальной корректирующей информации. Отличие заключается в том, что GRAS передает эту информацию не через геостационарный спутник, а осуществляя ее переформатирование и передачу через сеть наземных станций в ОВЧ-диапазоне аналогично GBAS.

Качество навигационного обслуживания ГНСС определяется следующими основными эксплуатационными характеристиками:

- точность определения местоположения;
- целостность (включая порог и время срабатывания сигнализации);
- непрерывность;
- эксплуатационная готовность.

Аномалии навигационного обслуживания ГНСС

В процессе предоставления навигационного обслуживания ГНСС могут возникать различные ситуации, которые вызывают нарушение нормального функционирования навигационного оборудования (далее – аномалия).

- Разновидностями аномалий могут быть:
- отказы навигационных спутников, оборудования функциональных дополнений ГНСС или БО ГНСС;
- отсутствие в зоне радиовидимости БО ГНСС достаточного количества навигационных спутников (в том числе, ухудшение видимости спутников из-за затенения антенны частями конструкции воздушного судна или рельефом местности);
- плохая геометрия навигационных спутников;
- радиопомехи сигналам навигационных спутников или функциональных дополнений ГНСС и др.
- Аномалия ГНСС может привести к снижению точности, потере целостности навигационных данных или потере навигационного обслуживания ГНСС.

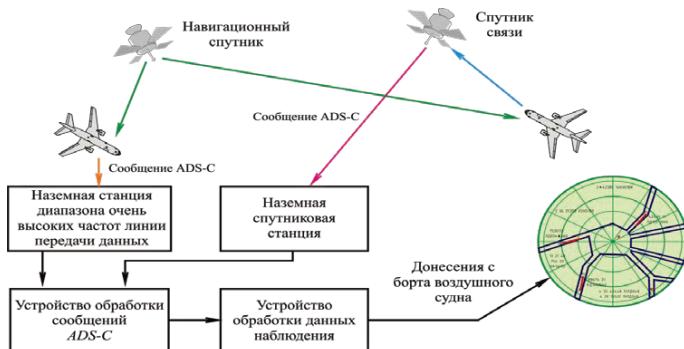


Рис. 55 Радиовысотомеры малых высот

На борту ВС при решении различных навигационных задач используются высоты полета, измеренные различными способами. Один из них связан с использованием радиотехнических методов, с помощью которых измеряется истинная высота полета самолета над поверхностью земли.

Применение этих методов особенно важно либо при полетах ВС на небольшой высоте, в пределах которой атмосферное давление практически не меняется, либо когда ВС летит над местностью со сложным рельефом, например, над горами.

Радиовысотомеры малых высот всегда используются экипажем на этапах взлета и посадки. В последнем случае совместно с маркерными радиомаяками радиовысотомер обеспечивает возможность контроля выдерживания линии глиссады.

Если высота полета ВС над поверхностью земли становится меньше заданной, радиовысотомер выдает звуковую и световую сигнализацию экипажу об опасной высоте. Аналогичная задача определения опасных высот может решаться с помощью бортового метеорадиолокатора.

Частота сигнала, генерируемого передатчиком, изменяется от минимального до максимального значения за определенный промежуток времени. ВЧ-сигнал передатчика проходит два пути. Первый путь - через передающую антенну, поверхность земли, приемную антенну в приемное устройство. Второй путь - прямо с передатчика по кабелю в приемное

устройство. Ясно, что при постоянной скорости распространения радиоволн первый путь оказывается длиннее, а время прохождения сигнала пропорционально пройденному пути, т.е. высоте. На входах приемного устройства будут одновременно действовать два сигнала с разными частотами. Учитывая, что частота сигнала линейно зависит от времени, получим, что разность частот окажется пропорциональной высоте полета ВС. Измерительное устройства высотомера измеряет эту разность, а стрелка индикатора показывает значение истинной высоты.

Автоматический радиокомпас

Бортовой автоматический радиокомпас работает совместно с наземными радиостанциями и определяет их курсовые углы. Наземные радиостанции называют еще радионавигационными точками (РНТ); их места установки и рабочие частоты известны экипажу самолета. С помощью автоматического радиокомпаса экипаж может решать следующие навигационные задачи:

- полет на радиостанцию (РНТ) и от нее с визуальной индикацией курсового угла радиостанции;
- выполнение предпосадочного маневра с использованием наземных приводных радиостанций;
- привод самолета в зону аэродрома прибытия;
- полет по маршруту с использованием промежуточных РНТ (отдельных приводных радиостанций);
- автоматическое непрерывное определение курсового угла радиостанции;
- прием позывных сигналов радиостанций, работающих в диапазоне частот радиокомпаса.

В настоящее время на самолетах эксплуатируется несколько различных типов радиокомпасов.

Для решения навигационных задач и повышения надежности используются два полуокомплекта радиокомпасов. Индикация измеренных курсовых углов радиостанций осуществляется на одном приборе с двумя стрелками, что позволяет штурману работать одновременно по двум радиостанциям (РНТ).

Для определения углов в АРК используются направленные свойства рамочной антенны. Ненаправленная вертикальная штыревая и направленная рамочная антенна с вертикальным расположением плоскости рамки при совместной работе создают ДНА в плане типа «кардиоиды» (рис. 56). При повороте рамки вокруг вертикальной оси на некоторый угол на этот же угол поворачивается и направление минимума приема. Поворот рамки осуществляется с помощью следящего привода, таким образом, чтобы минимум приема был направлен на РНТ. Электромеханическая система поворота рамки выполнена так, что стрелка индикатора компаса показывает ноль градусов, когда направление на РНТ совпадает с продольной осью ВС. Поэтому стрелка индикатора при работе радиокомпаса будет показывать в градусах курсовой угол радиомаяка (КУР).

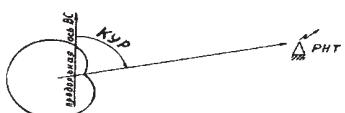
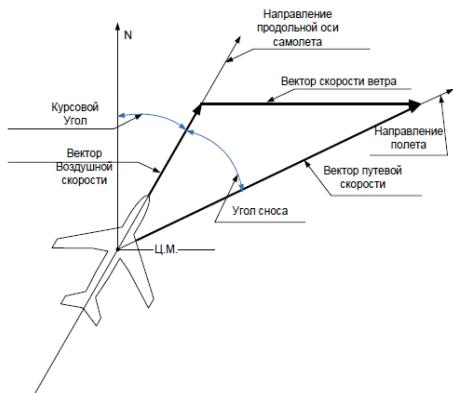


Рис. 56. ДНА в плане типа «кардиоиды»

Использование автоматических радиокомпасов совместно с наземными приводными радиостанциями (ДПРМ, БПРМ) при выполнении предпосадочного маневра показано на рис. 57 (предполагается совпадение линии пути с продольной осью ВС). Такой маневр в практике самолетовождения называется заходом на

предпосадочного маневра показано на рис. 57 (предполагается совпадение линии пути с продольной осью ВС). Такой маневр в практике самолетовождения называется заходом на



посадку по большой «коробочке». Помимо этой используются и другие схемы захода на посадку с использованием АРК.

Рис. 57. Иллюстрация к работе ДИСС

Маршрут полета ВС по данной схеме может быть нанесен на карту штурмана. Для каждого аэропорта применяются свои схемы предпосадочного маневра. Настраивая бортовые АРК на частоту ДПРМ, экипаж может контролировать время начала каждого разворота по показаниям индикатора АРК. Кроме задания значений курсовых углов маяка на этапах предпосадочного маневра

траектория контролируется путем выдерживания заданной скорости ВС и времени выполнения элементов «коробочки».

После выполнения четвертого разворота полет по курсу посадки осуществляется двумя способами.

Первый предполагает использование бортовых и наземных курсо-глиссадных систем инструментальной посадки. При втором способе линия курса контролируется с помощью двух полукомплектов АРК, настроенных каждый соответственно на частоту ДПРМ и БПРМ. Если вспомнить, что стрелки индикаторов обоих полукомплектов АРК совмещены в одном приборе, то станет очевидно, что при полете точно по курсу стрелки обоих полукомплектов должны совпасть и показывать на ноль (с учетом угла сноса). При полете ДПРМ стрелка полукомплекта АРК, настроенного на него, поворачивается на 180 градусов. При таком способе посадки контроль за выдерживанием линии глиссады может быть осуществлен с помощью наземных маркерных радиомаяков и бортового приемника (МРП).

Доплеровский измеритель скорости и угла сноса самолета (ДИСС)

Задача вычисления текущих координат на борту ВС может быть реализована автономно с помощью радиотехнических методов. Для этого строится система координат, связанная с землей, и в этой системе с помощью радионавигационных систем определяется курсовой угол (рис.57).

Если знать величину угла сноса и величину вектора путевой скорости, то можно определить составляющие этой скорости в прямоугольной системе координат, одной из осей которой является направление на север. Зная составляющие скорости и время полета, можно вычислять текущие координаты самолета. Задачу счисления текущих координат выполняет сложный бортовой навигационный вычислитель или бортовая специализированная ЦВМ.

Определение величины вектора путевой скорости и угла сноса самолета осуществляется с помощью автономного бортового измерителя, работа которого основана на использовании эффекта Доплера; если цель движется на источник радиоволн, то частота принятых колебаний будет выше излученных на величину частоты Доплера; если цель движется от источника радиоволн, - ниже излученных на величину частоты Доплера. Величина частоты Доплера пропорциональна скорости взаимного сближения или удаления источника излучения и цели.

Антенна бортового доплеровского измерителя имеет диаграммы направленности, расположенные под некоторыми углами относительно продольной оси ВС – вперед и назад, вправо и влево. Таким образом, в принятом сигнале присутствуют частоты Доплера, связанные со скоростью перемещения самолета и углом сноса. Доплеровский измеритель имеет в своем составе специальное вычислительное устройство, которое вырабатывает сигналы, пропорциональные путевой скорости самолета и углу сноса. Обе эти величины поступают в бортовой навигационный вычислитель для счисления координат самолета. Более подробное описание работы бортовых доплеровских измерителей выходит за рамки настоящего учебного пособия и будет рассмотрено в соответствующих курсах УД.

Радиолокационное оборудование

В состав бортового радиолокационного оборудования ВС включают следующие системы:

- бортовую метеорадиолокационную станцию;
- самолетные ответчики.

Должны быть системы предупреждения столкновений. Следует иметь в виду, что эта классификация не является жесткой, и к радиолокационному оборудованию по определенным соображениям может быть отнесен, например, радиовысотомер, доплеровский измеритель скорости и сноса.

Бортовая метеорадиолокационная станция

На борту ВС устанавливается один из типов РЛС в модификации, соответствующей данному типу самолета. Все радиолокационные станции отличаются друг от друга в значительной степени и отражают этапы развития радиолокационной системы и схемотехники, а также техники СВЧ.

Радиолокатор имеет антенну, расположенную в переднем отсеке самолета под радиопрозрачным носовым обтекателем и работающую на прием и передачу. В кабине экипажа установлены приемопередающие блоки, индикаторные устройства, а также другие блоки, узлы и монтажно-распределительные устройства.

Радиолокатор может работать в двух основных режимах – по встречным препятствиям (самолетам, очагам грозовой деятельности и др.) и по наземным целям. В первом случае – ДНА «карандашного» типа; во втором случае – специального типа.

Антенна РЛС совершает качания радиолуча в горизонтальной плоскости, которые называются сканированием. Синхронно с радиолучем на экране индикатора перемещается линия развертки, длина которой соответствует максимальной дальности в данном режиме. На экране индикатора будет формироваться электронным способом полярная система координат, связанная с самолетом.

Передатчик РЛС формирует короткий импульс СВЧ, который через антенну излучается в окружающее пространство. Электромагнитная волна, попав на цель, частично отражается и попадает в антенну РЛС, которая работает в данный момент как приемная антенна. В приемнике сигнал усиливается, обрабатывается и подается на индикатор РЛС, где воспроизводится в виде яркостной засветки. Форма засветки соответствует характеру цели. Если это ВС, то на экране будет яркая точка, расположенная на соответствующих дальности и азимуте. Если это область грозовой деятельности, то площадь засветки будет соответственных размеров. В бортовых РЛС при работе по грозовым областям предусмотрен режим выделения зон наиболее интенсивной грозовой или градовой деятельности в виде темных пятен внутри яркостной засветки от метеоцели. Это сделано для того, чтобы помочь экипажу в условиях грозовой деятельности проложить наиболее безопасный курс самолета.

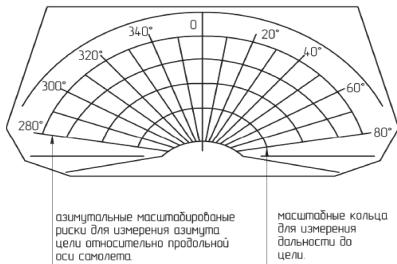


Рис. 58. Координатная сетка индикатора РЛС ВС:1 – азимутальные масштабные риски для измерения азимута цели относительно продольной оси самолета; 2 – масштабные кольца для измерения дальности до цели.

поверхности, расположенной впереди по курсу самолета (в пределах 180°). В этом режиме экипажем решается несколько навигационных задач, и главной из них является контроль правильности выдерживания заданного маршрута. Такой контроль осуществляется путем сличения штурманской карты с радиолокационной картой местности на экране РЛС.

На современных самолетах бортовые РЛС работают в составе сложных пилотажно-навигационных комплексов на базе специализированных БЦВМ в качестве автономных источников информации. В частности, с помощью РЛС и БПНК осуществляется коррекция текущих координат самолета, вычисленных бортовым навигационным вычислителем. На базе РЛС реализованы системы предупреждения столкновения (СПС) в воздухе, системы прицельного сброса грузов для транспортных самолетов.

Самолетные ответчики

Для организации УВД при большом количестве ВС используют автоматизированные системы различных уровней. При этом возникает необходимость в повышении достоверности информации о воздушной обстановке и в дополнительной информации о самолетах. Обычные методы первичной радиолокации здесь становятся малопригодными, и поэтому применяют методы вторичной радиолокации на принципе «запрос-ответ».

Для этого на земле устанавливается запросчик – вторичный радиолокатор (ВРЛ), а на борту самолета – соответствующий ответчик.

В настоящее время способы формирования запросных и ответных сигналов внутри страны и за рубежом отличаются друг от друга. Поэтому на борту ВС устанавливают, как правило, два ответчика. Сигнал, излучаемый самолетным ответчиком, принимается наземным ВРЛ и отображается на экране индикатора диспетчера УВД в виде яркостной отметки рядом с отметкой от этого же самолета первичной наземной радиолокационной станции. Так как ответный сигнал формируется непосредственно на борту, то он может нести еще индивидуальную информацию об этом самолете – бортовом номере, высоте полета, остатке топлива, сигнале бедствия и т.д. Вся эта информация декодируется на земле и поступает в автоматизированную систему УВД (АС УВД) на пульт соответствующего диспетчера.

Кроме ответчиков, работающих в системе комплексной вторичной радиолокации, на борту самолетов могут быть установлены специальные ответчики системы госопознавания. Такие ответчики используются при полетах в приграничных районах и на международных трассах.

Системы предупреждения столкновений (СПС)

СПС предназначены для выявления угрозы столкновения ВС и определения взаимно-координированных маневров ВС по уклонению от столкновения. Расстояние до конфликтующего ВС определяется импульсным методом по принципу «запрос-ответ», а скорость сближения – по изменению расстояния между ВС за период следования сигнала запроса. Сигнал запроса излучается каждым ВС и содержит информацию о высоте его полета.

На ВС, принявшем запросный сигнал, вычисляется разность собственной высоте полета и высоты запросчика и формируется ответный сигнал . Если разность высот между ВС соответствует опасной зоне $h \pm 160\text{м}$, где h -высота полета, то ответ используется для выработки рекомендаций о маневре ВС; если разность высот находится в пределах от $(h+160)\text{м}$ до $(h+660)\text{м}$ и от $(h-160)\text{м}$ до $(h-660)\text{м}$, то ответ содержит предупреждение и указание о нахождении ответного ВС в верхней или нижней зоне. Если разность высот более 660м , то ВС на запрос не отвечает.

6.2. Радиооборудование АП и его взаимодействие с РЭО ВС

Наземные радиотехнические системы обеспечения полетов служат для получения объективной информации о местоположении ВС в ВП.

По характеру взаимодействия с ВС наземное оборудование можно разделить на три группы:

1. Оборудование, с помощью которого получают необходимую информацию автономно, без взаимодействия с бортовыми радиотехническими системами.
2. Оборудование, которое обеспечивает выполнение требуемых функций только в комплексе с соответствующими бортовыми радиотехническими системами.
3. Оборудование, установленное на земле и обеспечивающее получение необходимой информации только на борту самолета.

Аналогично бортовому оборудованию, наземное делится на три вида:

- 1).связное радиооборудование;
- 2).радионавигационное оборудование;
- 3).радиолокационное оборудование.

Часть радиотехнических наземных систем не используется непосредственно для решения задач по УВД. К ним, в основном, относятся некоторые системы проводной и воздушной связи, а также оборудование аэровокзальных комплексов. Далее эта часть наземных систем рассматриваться не будет.

Основными потребителями информации, получаемой с помощью наземных радиотехнических систем обеспечения полетов, являются диспетчеры УВД. В зоне их рабочего места установлены индикаторные устройства, на которых отображается соответствующая информация.

Некоторые наземные радиотехнические системы были рассмотрены ранее при описании работы бортового оборудования. Поэтому далее подробно их работа разбираться не будет, за исключением уточнений типов и названий применяемых систем.

Наземное оборудование проводной и воздушной связи

Наземная проводная связь строится на основе кабельных каналов связи и предназначается, главным образом, для обмена информацией между диспетчерами соответствующих зон и пунктов УВД. Этот вид связи охватывает междуаэропортовые и междугородные линии на основе телефонной производственной и коммерческой сети.

Телефонная связь между диспетчерами УВД организуется с помощью прямых коммутируемых соединений.

Аэропорты и комплекс наземных служб ГА также имеют собственные сети проводной связи, предназначенные для обмена производственной информацией и обслуживания пассажиров. Для документирования в реальном времени воздушной обстановки и диспетчерского радиообмена имеются многодорожечные магнитофоны. Для решения задач информационного обеспечения деятельности наземных служб, кроме сети проводной связи, используется радиосвязь в специально выделенных для этого частотных диапазонах.

Для обеспечения процессов управления воздушным движением диспетчеры УВД пользуются каналами воздушной авиационной радиосвязи. Для удобства пользования и эксплуатации технические средства воздушной радиосвязи территориально и организационно объединены в передающие радиоцентры. Эти центры имеют в своем составе для работы в диапазоне метровых волн радиопередатчики «Полет-2», «Полет-1А», радиостанции «Баклан-РН», «Спрут», «Полет-1», «Фазан» и радиоприемники этих серий. Для работы в диапазоне декаметровых волн используют радиопередатчики «Кедр» и радиоприемники «Сосна» и др. Диапазоны волн наземных и соответствующих бортовых связных радиостанций совпадают. Передающие радиоцентры имеют набор антенных устройств для работы в рабочих частотных диапазонах.

Радионавигационное оборудование

Для получения информации о местоположении самолета используются следующие виды наземных радионавигационных систем:

- радиосистемы ближней навигации (РСБН и др.);
- азимутальные и дальномерные радиомаяки (РМА-90, РМД-90 и др.);
- наземные системы инструментального захода на посадку;
- приводные радиостанции;
- маркерные радиомаяки;
- автоматические пеленгаторы.

Принцип работы наземной радиотехнической системы ближней навигации (РСБН-4Н) разобран при описании работы бортового оборудования ближней навигации. Можно добавить, что наземная система позволяет определять азимут и дальность до цели на земле. Воздушная обстановка в зоне действия наземной системы отображается на специальном индикаторе кругового обзора. Наземная система ближней навигации, как правило, устанавливается в зоне аэродрома.

Работа наземных систем инструментального захода на посадку и маркерных радиомаяков описана в соответствующем разделе бортового оборудования. В качестве примера можно отметить современные курсоглиссадные системы типа СП-90, СП-200 и др. Эти системы, однако, обладают существенным недостатком – сильной зависимостью характеристик электромагнитного поля от внешних факторов (наличие посторонних предметов, электрические свойства почвы, осадки и т.д.). Этот недостаток приводит к тому, что самолет, идя на посадку, двигается не по стандартной посадочной траектории, а со значительными ее искривлениями. Перспективные системы посадки MLS свободны от этого недостатка и работают в сантиметровом диапазоне волн.

Назначение и работа приводных радиостанций изложены при описании бортовых автоматических компасов. При полетах по трассам местных воздушных линий (МВЛ) приводные радиостанции являются основным средством навигации. Эти радиостанции в виде отдельных приводов (ОПРС) устанавливаются по трассе полета самолета. Экипаж осуществляет пилотирование самолета с помощью бортовых АРК, настроенных на частоты соответствующих ОПРС.

Автоматические радиопеленгаторы

Автоматические радиопеленгаторы устанавливаются в районе аэродрома и определяют угол между северным направлением и направлением на самолет. Наземные пеленгаторы работают в диапазоне УКВ совместно с самолетной командной УКВ радиостанцией. В качестве оконечного устройства пеленгатор имеет стрелочный индикатор, шкала которого проградуирована в градусах, а ноль шкалы совпадает с направлением на север. Стрелка прибора показывает пеленг в момент, когда экипаж выходит на связь с диспетчером УВД, т.е. бортовая связная станция работает на излучение. Необходимость

использования наземных пеленгаторов заключается в следующем. Диспетчер УВД наблюдает за воздушной обстановкой в зоне ответственности с помощью наземного радиолокатора, на экране которого самолеты отображаются в виде ярких засветок. Если самолетов в зоне достаточно много, то диспетчеру трудно определить, с экипажем которого из них он ведет переговоры по радиосвязи. При этом сложно адресовать нужную команду нужному экипажу. В этих случаях диспетчером используется информация с наземных автоматических радиопеленгаторов. Во время переговоров по радио диспетчер определяет пеленг самолета, с экипажем которого установлена связь, затем этот пеленг отсчитывается по шкале индикатора РЛС и тем самым определяется засветка от нужного самолета. Возможно совмещение информации от автоматического радиопеленгатора с радиолокационным изображением. В настоящее время в гражданской авиации применяются современные автоматические пеленгаторы, имеющие несколько независимых частотных каналов (АРП-75, АРП-80 и др.). Их работа выходит за рамки настоящего учебного пособия и будет рассмотрена в соответствующих курсах УД.

Радиолокационные системы

Для эффективного УВД диспетчер наземной службы УВД должен иметь достаточный объем информации о ВС, находящихся в зоне его ответственности. Наиболее важной является информация о координатах ВС. Получение такой информации на земле обеспечивается с помощью наземных радиолокационных систем, которые позволяют получать также данные о метеорологической обстановке.

По принципу получения информации об объекте все радиолокационные системы делятся на две группы:

радиолокационные системы, использующие эффект частичного отражения целью энергии падающей волны (первичная радиолокация);

радиолокационные системы, которые предполагают использование ответчиков, установленных на борту ВС. Этот вид радиолокации еще называется вторичной радиолокацией (ВРЛ).

Необходимо отметить, что ряд современных первичных радиолокационных систем имеют в своем составе встроенные каналы, работающие на принципах вторичной радиолокации. Такое техническое решение позволяет объединить положительные свойства первичных и вторичных РЛС. Первые обладают высоким уровнем автономности при получении информации о самолетах, вторые имеют более высокий уровень помехозащищенности, большую дальность действия, более высокий уровень достоверности получаемой информации, а также возможность получения дополнительной информации о ВС. С помощью радиолокационной системы измеряют координаты ВС в полярной системе координат с полюсом в точке установки РЛС – наклонную дальность от ВС и его азимут. ДНЯ РЛС в горизонтальной плоскости достаточно узкая, что необходимо для измерения азимута. В вертикальной плоскости ДНЯ РЛС имеет специальную сложную форму.

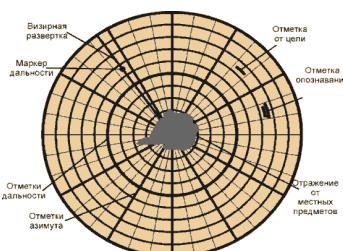


Рис. 59 Индикатор кругового обзора наземной РЛС.

Линия развертки на экране РЛС вращается синхронно с вращением антенны. Одновременно на экране формируется масштабная сетка для измерения азимута и дальности цели. При облучении цели на входе приемника

появляются отраженные от нее сигналы, которые усиливаются, поступают на индикатор и отображаются в виде яркой точки. Оператор с помощью масштабной сетки определяет ее азимут и дальность.

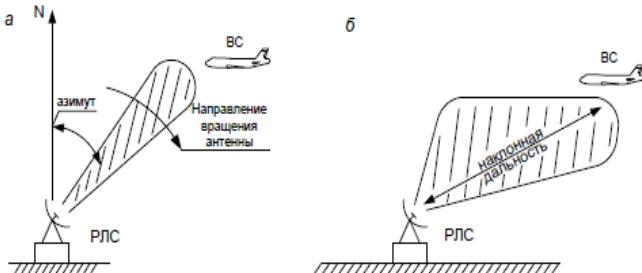


Рис.61. ДНА обзорной РЛС.

а – в вертикальной плоскости б – в горизонтальной плоскости

Потребителями радиолокационной информации являются диспетчеры УВД. Каждый диспетчер имеет свою зону ответственности в соответствии со структурой ВП.

С относительно недавнего времени радиолокационные позиции (РЛП) систем УВД ГА стали оснащаться моноимпульсными вторичными радиолокаторами (МВРЛ). Дело в том, что радиолокаторы с однолепестковой ДНА (имеется в виду главный лепесток) даже теоретически по одному отраженному (или излученному) импульсу от точечного даже неподвижного объекта не могут определить его угловое положение точнее, чем в пределах ширины ДНА; угловое положение объекта определяется по середине дужки отметок от пачки импульсов, получающейся при вращении антенны. Возможные при этом ошибки, укажем возрастают, если сам объект движется (особенно азимутально).

В МВРЛ прием сигналов осуществляется двумя одинаковыми антennами, работающими каждая на свой канал. Обе антенны смонтированы рядом в одном антенном блоке так, что направления максимумов их ДН развернуты на небольшой угол, образуя симметричную «вилку» относительно некоторого равносигнального направления. Если цель находится на равносигнальном направлении, сигналы в обоих каналах будут одинаковыми по амплитудам и фазам, - антенный блок точно наведен на цель. Если цель не находится на равносигнальном направлении, сигналы в каналах будут разными. Но по их различиям при соответствующей обработке решающим устройством может быть вычислено отклонение цели от равносигнального направления антенного блока (пусть даже неподвижного), то есть найдено истинное угловое положение цели теоретически даже по одному импульсу. Практически для достоверного воспроизведения отметки даже неподвижной цели необходимо несколько импульсов.

Моноимпульсная радиолокация предъявляет повышенные требования к стабильности частоты сигнала и к электромагнитным параметрам радиотехнических устройств.

Умения инженера

В обеспечении безопасности, регулярности полетов ВС и экономичности их эксплуатации важнейшую роль играет надежность авиационной техники вообще и РЭО, в частности.

Научных определение понятий и параметров надежности в данном пособии нет – это предмет специальных УД. Здесь ограничимся представлением о том, что надежная техника – это та, которая с высокой степенью вероятности будет выполнять свои функции в течение

гарантированного периода времени, т.е. не подведет, а применительно к авиации - не создаст опасных ситуаций.

Все параметры надежности носят вероятностный характер, т.е. дают представление о некоторых усредненных величинах.

Надежность изделия закладывается в проект при его разработке (конструировании), а реализуется при изготовлении и в процессе эксплуатации. При этом разработчик использует статистические данные, должным образом собранные и обработанные, о практике использования аналогичных изделий и входящих в него элементов. Если в процессе производства не будут выдержаны допуски на точность изготовления, на технические параметры используемых материалов, на параметры технологических процессов и т.п., т.е. на те условия, при которых собирались статистические данные, заложенная в проекте надежность реализована не будет. Это же относится и к эксплуатации. Если изделие эксплуатируется с перегрузками по электрическим и механическим параметрам, по перепаду влажности, температур и давлений, по вибрациям и т.п., не предусмотренными при сборе статистических данных, проектная надежность изделия реализована не будет.

Грамотные постановка эксперимента, сбор, обработка и анализ экспериментальных данных – очень важные умения, необходимые инженеру-эксплуатационнику.

Основываясь на знаниях о требованиях к изделию, предъявляемых условиями эксплуатации, о качестве современных материалов, о прогрессивной элементной базе РЭО, о схемотехнике, о возможностях вычислительной техники, о новейших технологических процессах и т.д., инженер должен уметь сформулировать прогрессивные технические требования (ТТ) и техническое задание (ТЗ) на разрабатываемое изделие, способствуя этим научно-техническому прогрессу.

Очень важно предупредить отказ изделия РЭО, а если он все-таки произошел, возможно быстрее его устранить. Для этого существуют разные методы технического обслуживания (ТО) и технической диагностики (ТД). В одних случаях с учетом характера и значимости изделия можно проводить ТО через установленные интервалы времени в течение установленного срока службы, независимо от его состояния; в других случаях проводить ТО по состоянию изделия, когда есть в этом необходимость по результатам контроля (часто автоматизированного). Инженер должен уметь правильно выбрать стратегию ТО, предложить рациональную модель ТД; основываясь на знании техники и системы контроля параметров, инженер должен уметь оперативно найти отказ и распорядиться его устранением.

Надежность изделия существенно зависит от надежности входящих в него элементов. Кроме этого, существуют методы повышения надежности. Среди них не последними являются рациональное построение схем, резервирование и использование системы приоритетов (когда при частичном отказе архитектура внутренних связей в изделии автоматически или вручную перестраивается на выполнение наиболее важных функций за счет отказа от выполнения второстепенных). Инженер должен уметь решать вопросы о системных позициях.

Конечно, специфика будущей инженерной деятельности расставит приоритеты в перечисленных и др. умениях, но основы их должны быть заложены в Университете.

Литература

1. Конституция Российской Федерации.(принята всенародным голосованием 12.12.1993 с изменениями, одобренными в ходе общероссийского голосования 01.07.2020)
2. "Воздушный кодекс Российской Федерации" от 19.03.1997 N 60-ФЗ (ред. от 03.08.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 14.08.2018)
3. Постановление Правительства РФ от 30.07.2004 N 396 (ред. от 14.12.2018) "Об утверждении Положения о Федеральном агентстве воздушного транспорта"
4. Постановление Правительства РФ от 30.07.2004 N 395 (ред. от 14.03.2019) "Об утверждении Положения о Министерстве транспорта Российской Федерации"
5. Указ Президента Российской Федерации от 15 мая 2018 г. N 215 «О структуре федеральных органов исполнительной власти».
6. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ последняя редакция от 06.03.2019 N 17-ФЗ, с изм., внесенными Федеральным законом от 06.04.2015 N 68-ФЗ).
7. ИКАО. Doc 9849 Руководство по глобальной навигационной спутниковой системе (GNSS).
8. Ефимова М.Г. Авиация в системе транспортных коммуникаций. – М.: МГТУ ГА, 2006.
9. В.П. Логачев. Введение в специальность, часть 1. М: МГТУ ГА, 2005.
10. Тельуховская О.Н.Введение в специальность часть 2, М МГТУ ГА 2007.
11. А.И. Хасабов. Введение в специальность 201300. М: МГТУ ГА, 1997.
12. Чинючин Ю.М. Введение в профессию: учебное пособие / Ю. М. Чинючин, П. Д. Жильцов ; - Москва : Московский гос. технический ун-т гражданской авиации ГА, 2011.
13. Инструкция по использованию глобальной навигационной спутниковой системы гражданской авиации
14. Avia.pro ЭНЦИКЛОПЕДИЯ <http://avia.pro/plane>

Оглавление

РАЗДЕЛ 1. ОРГАНИЗАЦИЯ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА И ЕГО ОБЕСПЕЧЕНИЕ В ВУЗЕ	3
1.1 Правовые аспекты государственной политики в области высшего образования	3
1.2 Система высшего образования Российской Федерации.....	4
1.3 Правовой статус университета и его структура.	5
РАЗДЕЛ 2. ОСНОВНЫЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ И РФ РУКОВОДЯЩИЕ ДОКУМЕНТЫ ГА.....	12
2.1. Основные международные руководящие документы ГА. История и роль ИКАО.....	12
2.2. Основные руководящие документы РФО и руководящие органы ГА в РФ.	35
РАЗДЕЛ 3. ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ И КОНСТРУКЦИИ ВС.	39
3.1. Основы аэродинамики полета ВС	39
3.2 Основные части и конструктивные элементы самолета.	52
РАЗДЕЛ 4. ЭТАПЫ ПОЛЕТА И ОСНОВНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	61
4.1 Этапы полета воздушного судна	61
4.2 Основные методы организации воздушного пространства	64
РАЗДЕЛ 5. ОСНОВЫ РАДИОТЕХНИКИ, СВОЙСТВА РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ.	73
5.1. Основные процессы в радиотехнических устройствах ГА.	73
5.2. Виды радиотехнических сигналов и их техническая характеристика	76
РАЗДЕЛ 6. РАДИООБОРУДОВАНИЕ ВС И АП И ИХ РОЛЬ В УВД.	84
6.1 Радиооборудование ВС.....	84
Рис. 57. Иллюстрация к работе ДИСС	95
6.2. Радиооборудование АП и его взаимодействие с РЭО ВС.....	98
Литература	103