

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

---

Кафедра безопасности полётов и жизнедеятельности

П.М. Поляков, М.В. Кармызов, Н.Н. Медведева

# БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

## Тексты лекций

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

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2020

УДК 629.7.017+351.814.2

ББК 052-082.03

П54

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

Рецензенты:

*Шаров В.Д.* (МГТУ ГА) – д-р техн. наук;

*Туркин И.К.* (МАИ) – д-р техн. наук, профессор

**Поляков П.М.**

П54

Безопасность полетов [Текст] : тексты лекций / П.М. Поляков, М.В. Кармызов, Н.Н. Медведева. – М. : ИД Академии Жуковского, 2020. – 60 с.

ISBN 978-5-907275-69-0

Данные тексты лекций издаются в соответствии с рабочей программой дисциплины «Безопасность полетов» по учебному плану для студентов по направлениям подготовки 25.03.01 – «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей», 25.05.03 – «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования», 25.03.02 – «Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов» и предназначено для формирования профессиональной культуры безопасности (готовности и способности использовать приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения безопасности по направлению профессиональной деятельности), характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы безопасности рассматриваются в качестве приоритетных.

Содержание текстов лекций включает материал 6 часов лекций, учитывает требования ФГОС ВПО и полностью соответствует рабочей программе дисциплины «Безопасность полетов».

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 13.10.2020 г. и методического совета 24.10.2020 г.

**УДК 629.7.017+351.814.2**

**ББК 052-082.03**

Св. тем. план 2020 г.

поз. 7

ПОЛЯКОВ Павел Михайлович, КАРМЫЗОВ Максим Валерьевич,

МЕДВЕДЕВА Наталья Николаевна

**БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ**

Тексты лекций

*В авторской редакции*

Подписано в печать 16.12.2020 г.

Формат 60x84/16 Печ. л. 3,75 Усл. печ. л. 3,49

Заказ № 715/1008-УП11 Тираж 90 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 978-5-907275-69-0**

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2020

Список сокращений:

АС – аварийная ситуация

АТ – авиационная техника

АТС – авиационная транспортная система

БАСК – бортовая автоматизированная система контроля

ВПП – взлетно-посадочная полоса

ВС – воздушное судно

ГА – гражданская авиация

ГСМ – горюче-смазочные материалы

ИКАО – Международная организация гражданской авиации

ИАС – инженерно-авиационная служба

КС – катастрофическая ситуация

ОС – особая ситуация

ОУЭ – ожидаемые условия эксплуатации

РЛЭ – Руководство по летной эксплуатации

СС – сложная ситуация

ТО – техническое обслуживание

УСАТ – Управление сертификации авиационной техники ФАВТ

УПЛГВС – Управление поддержания летной годности воздушных  
судов ФАВТ

УУП – усложнение условий полета

ФАВТ – Федеральное агентство воздушного транспорта

MEL (Minimum Equipment List) – перечень минимального исправного  
оборудования, предусматривающий эксплуатацию воздушного  
судна в определенных условиях при отказе конкретного компо-  
нента оборудования.

## ВВЕДЕНИЕ

В соответствии с требованиями ФГОС ВПО при реализации основных образовательных программ по направлениям подготовки 25.03.01 – Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей, 25.05.03 – Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования 25.03.02 – Техническая эксплуатация авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов базовая (обязательная) часть профессионального цикла должна предусматривать изучение дисциплины «Безопасность полетов». Основные аспекты проблем безопасности также подлежат обязательному рассмотрению в курсовых проектах и выпускных квалификационных работах.

Предлагаемое учебное пособие представляет собой текст лекций по дисциплине «Безопасность полетов». Содержание учебного пособия соответствует рекомендациям Примерной учебной программы дисциплины «Безопасность полетов», рекомендованной Минобрнауки РФ для всех направлений ВПО и полностью соответствует рабочей программе дисциплины, утвержденной руководством УМО МГТУГА.

В пособии отражен широкий спектр вопросов, влияющих на безопасность полетов, включая летную годность, устойчивость и управляемость, нормирование скоростей полета, сертификацию ВС и поддержание летной годности.

Пособие содержит тексты лекций по дисциплине «Безопасность полетов» и предназначено для формирования профессиональной культуры безопасности (готовности и способности использовать приобретенную совокупность знаний, умений и навыков для обеспечения безопасности по направлению профессиональной деятельности), характера мышления и ценностных ориентаций, при которых вопросы безопасности рассматриваются в качестве приоритетных.

Содержание пособия включает материал 6 часов лекций, учитывает требования ФГОС ВПО и полностью соответствует Рабочей программе дис-

циплины «Безопасность полетов», содержит, в том числе, три рисунка и три таблицы.

Актуальность предлагаемого учебного пособия подтверждается наличием большого объема статистического материала в обосновании основных составляющих безопасности полетов.

## **1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВС**

Роль воздушного транспорта в России невозможно переоценить. Скоростной и комфортабельный, он выполняет важную функцию интегратора государства. Ведь в таких регионах, как Европейский Север, Сибирь, северо-восточная и островная часть Дальнего Востока, авиация была и долго ещё останется единственным магистральным видом транспорта, обеспечивающим связь с остальной территорией России. На долю воздушного транспорта приходится более 40% общего пассажирооборота в междугороднем и международном сообщении. Если же рассматривать только международные пассажирские перевозки, то здесь на долю авиации приходится 80%.

В соответствии с Приложением 19 к Чикагской конвенции ИКАО определение Безопасности полетов можно интерпретировать, как состояние (АТС), при котором риски авиационной деятельности по эксплуатации воздушных судов (ВС) и деятельности, непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются.

Сущность концепции приемлемости риска:

– полностью устранить авиационные происшествия невозможно – неудачи будут всегда, не смотря на самые совершенные усилия по их предотвращению;

– никакая деятельность человека или система, им созданная, не могут избежать риска и ошибок – в изначально безопасной системе приемлемы контролируемый риск и ошибки.

Структура авиационной транспортной системы приведена на рис. 1.

## СТРУКТУРА АВИАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

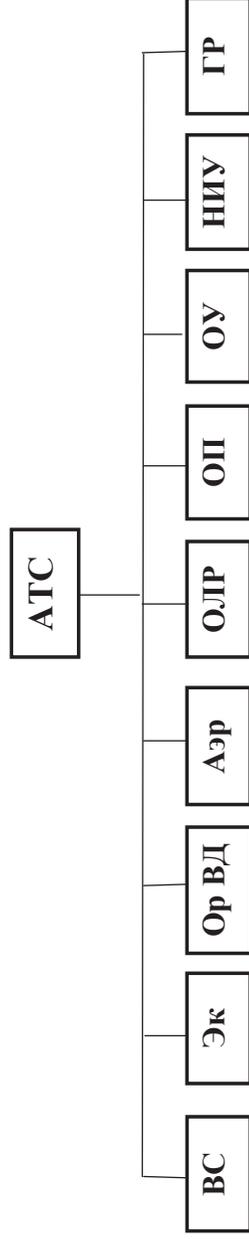


Рис. 1

На рис. 1 обозначены: ВС – воздушное судно; Эк – экипаж; Ор ВД – организация воздушного движения; Аэр – аэропорт (аэродром); ОЛР – организация лётной работы (авиакомпания); ОП – обеспечение полётов, включая инженерно-авиационное обеспечение, авиатопливное, аэронавигационное, аэродромное, электросветотехническое, метеорологическое, орнитологическое, медицинское, аварийно-спасательное, обеспечение авиационной безопасности); ОУ – образовательные учреждения; НИУ – научно-исследовательские учреждения; ГР – государственное регулирование.

Воздушное судно – летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет взаимодействия с воздухом, отличного от взаимодействия с воздухом, отраженным от поверхности земли или воды [4]. Другими словами – экранопланы, экранолеты, суда на воздушной подушке и подводных крыльях к воздушным судам не относятся – это корабли.

### 1.1 Летная годность

Летная годность – это характеристика ВС, определяемая предусмотренными и реализованными в его конструкции и летных качествах принципами, позволяющая производить безопасный полет в *ожидаемых условиях* и при установленных методах эксплуатации [3].

Летная годность достигается выполнением всех без исключения требований Норм летной годности (НЛГ) – документа, содержащего государственные требования по безопасности полетов к ВС, его конструкции, прочности, летным качествам, силовой установке, функциональным системам, оборудованию и т.д.

Первое издание «Норм летной годности гражданских самолетов СССР» (НЛГС) было введено в 1967 г. В дальнейшем в процессе их совершенствования было издано в 1972 г. пять изменений, с выпуском которых НЛГС (1967 г.) стали именовать НЛГС-1 (1972 г.).

Последующая работа над совершенствованием Норм была направлена на дальнейшее повышение уровня безопасности полета с учетом современных достижений авиационной техники и опыта ее эксплуатации. Итогом этой работы явилось второе издание «Норм летной годности гражданских самолетов СССР» — НЛГС-2 (1974 г.).

НЛГС-2 в период 1975—80 гг. были полностью внедрены в практику работы промышленности, гражданской авиации и Государственного авиационного регистра СССР и сыграли очень важную роль в создании, сертификации и эксплуатации нового поколения отечественных

пассажирских самолетов, повышении уровня их безопасности.

Одновременно продолжалась работа по совершенствованию НЛГС-2, в результате чего были разработаны и введены в действие 20 изменений и дополнений к ним. Накопленный опыт применения НЛГС-2 при создании, сертификации и эксплуатации современных самолетов, учет опыта стран — членов СЭВ и новых требований ИКАО, развитие авиационной науки и техники позволили провести дальнейшее совершенствование отечественных Норм, направленное на повышение уровня безопасности полета и создание новых «Норм летной годности гражданских самолетов СССР» (3-е издание, НЛГС-3, 1984 г.), которые введены в действие 15 апреля 1984 года. В то же время по планам Постоянной комиссии СЭВ по сотрудничеству в области гражданской авиации (ПК ГА СЭВ) указанные Нормы разрабатывались и в качестве «Единых норм летной годности гражданских транспортных самолетов стран — членов СЭВ» (ЕНЛГ-С) и согласовывались с делегациями стран в рамках Научно-технического совета НТС-Х1-16.

После известных событий и создания Межгосударственного авиационного комитета в 1991 году было признано необходимым гармонизировать отечественные Нормы летной годности воздушных судов с общемировыми требованиями по обеспечению прочности авиационных конструкций, и в частности, по проблеме обеспечения безопасности эксплуатации самолетов по условиям усталости.

Гармонизация (универсализация) была ранее проведена западными странами применительно к требованиям пунктов FAR 25.271 (Америка) и JAR 25.571 (Европа), связанных с анализом допустимости повреждений и усталостной прочности конструкций.

Отечественные правила в этой части были переработаны под указанную структурную форму западных стран. По существу, НЛГС-3 отличаются от АП-25 (Авиационные правила, часть 25) только по структуре, а уровень

требований в них эквивалентный. Поэтому в тексте использованы оба документа.

*Ожидаемые условия эксплуатации (ОУЭ).* Условия, которые стали известны из практики или возникновение которых можно с достаточным основанием предвидеть в течение срока службы воздушного судна с учетом его назначения.

Эти условия зависят от метеорологического состояния атмосферы, рельефа местности, функционирования воздушного судна, квалификации персонала и всех прочих факторов, влияющих на безопасность полета.

Ожидаемые условия эксплуатации не включают:

- а) экстремальные условия, которых можно успешно избежать путем использования соответствующих правил эксплуатации;
- б) экстремальные условия, которые возникают настолько редко, что требование выполнять Стандарты в отношении этих условий привело бы к обеспечению более высокого уровня летной годности, чем это необходимо и практически обосновано [1].

ОУЭ включают в себя три группы факторов:

а) параметры состояния и факторы воздействия на самолет внешней среды:

- температура, барометрическое давление (эти два параметра влияют на тяговые характеристики реактивных двигателей и мощностные характеристики турбовинтовых двигателей), плотность, влажность воздуха;
- направление и скорость ветра, горизонтальные и вертикальные порывы воздуха и их градиенты;
- воздействие атмосферного электричества, обледенение, град, снег, дождь, птицы;

б) эксплуатационные факторы:

- состав экипажа самолета;
- класс и категория аэродрома, параметры и состояние ВПП;

- массы и центровки для всех предусмотренных конфигураций самолета;
- режимы работы двигателей и продолжительность работы на определенных режимах;
- возможные конфигурации — варианты геометрических форм самолета, соответствующие различным этапам и режимам полета (взлету, набору высоты, крейсерскому полету, снижению, экстренному снижению, заходу на посадку и посадке, уходу на второй круг);
- особенности применения самолета (выполнение полетов в визуальных условиях или по приборам, над водными пространствами, над равнинной, гористой и безорентирной местностью, в высоких широтах, на грунтовых аэродромах);
- характеристики воздушных трасс, линий и маршрутов;
- состав и характеристики наземных средств обеспечения полета;
- минимум погоды при взлете и посадке;
- применяемые топлива, масла, присадки и другие расходоуемые технические жидкости и газы;
- периодичность и виды технического обслуживания, назначенный ресурс, срок службы самолета и его функциональных систем;

в) параметры (режимы) полета:

- высоты полета;
- горизонтальные и вертикальные скорости;
- перегрузки;
- углы атаки, скольжения, крена и тангажа;
- сочетания этих параметров для предусмотренных конфигураций самолета.

ОУЭ включают в себя область расчетных условий, определенных

Нормами, эксплуатационные ограничения, а также рекомендуемые режимы полета, установленные для данного типа самолета при его сертификации.

Эксплуатационные ограничения — условия, режимы и значения параметров, преднамеренный выход за пределы которых недопустим в процессе эксплуатации самолета.

Предельные ограничения — ограничения режимов полета, выход за которые недопустим ни при каких обстоятельствах.

Эксплуатационные и предельные ограничения назначаются предприятием-разработчиком авиационной техники (АТ). При этом, предприятие-разработчик должен показать, что возвращение самолета в область эксплуатационных ограничений или рекомендуемых режимов после выхода за эксплуатационные ограничения (без превышения предельных ограничений) не должно требовать от экипажа исключительного профессионального мастерства, применения чрезмерных усилий и (или) необычных приемов пилотирования.

Для формирования общих требований к летной годности в НЛГ (далее – Нормы) разработаны классификации особых ситуаций и событий по частоте возникновения.

*Особая ситуация (эффект)* - ситуация, возникающая в полете в результате воздействия неблагоприятных факторов или их сочетаний и приводящая к снижению безопасности полета. Особые ситуации(эффекты) классифицируются с использованием следующих критериев:

- ухудшение летных характеристик, характеристик устойчивости и управляемости, прочности и работы систем;
- увеличение рабочей (психофизиологической) нагрузки на экипаж сверх нормально допустимого уровня.
- дискомфорт, травмирование или гибель находящихся на борту людей.

Особые ситуации по степени их опасности подразделяются на:

*Катастрофическая ситуация (катастрофический эффект)* - особая ситуация, для которой принимается, что при ее возникновении предотвращение гибели людей оказывается практически невозможным.

*Аварийная ситуация (аварийный эффект)* - особая ситуация, характеризующаяся:

- значительным ухудшением характеристик и (или) достижением (превышением) предельных ограничений; или
- физическим утомлением или такой рабочей нагрузкой на экипаж, что уже нельзя полагаться на то, что он выполнит свои задачи точно или полностью.

*Сложная ситуация (существенный эффект)* - особая ситуация, характеризующаяся:

- заметным ухудшением характеристик и (или) выходом одного или нескольких параметров за эксплуатационные ограничения, но без достижения предельных ограничений; или
- уменьшением способности экипажа справиться с неблагоприятными условиями (возникшей ситуацией) как из-за увеличения рабочей нагрузки, так и из-за условий, понижающих эффективность действий экипажа.

*Усложнение условий полета (незначительный эффект)* - особая ситуация, характеризующаяся:

- незначительным ухудшением характеристик; или
- незначительным увеличением рабочей нагрузки на экипаж (например, изменением плана полета).

*Примечание.* Полет рассматривается с момента начала движения самолета по ВПП при взлете до освобождения ВПП после посадки или остановки самолета.

По частоте возникновения события (отказные состояния, внешние воздействия, ошибки и др.) делятся на следующие категории:

- *вероятные* – могут произойти один или несколько раз в течение срока службы каждого самолета данного типа. Вероятные события подразделяются на *частые* и *умеренно вероятные*;
- *маловероятные* – вряд ли произойдут на каждом самолете в течение его срока службы, но могут произойти несколько раз, если рассматривать большое количество самолетов данного типа.
- *крайне маловероятные* – вряд ли возникнут за весь срок эксплуатации всех самолетов данного типа, но, тем не менее, их нужно рассматривать как возможные.

Маловероятные и крайне маловероятные события образуют группу *невероятных (редких)* событий.

*Практически невероятные.* Настолько невероятные, что нет необходимости считать возможным их возникновение.

*Численные значения.* При необходимости количественной оценки вероятностей возникновения событий могут использоваться указанные ниже величины [2]:

- частые (повторяющиеся) – более  $10^{-3}$ ;
- умеренно вероятные – от  $10^{-5}$  до  $10^{-3}$ ;
- маловероятные – от  $10^{-7}$  до  $10^{-5}$ ;
- крайне маловероятные – от  $10^{-9}$  до  $10^{-7}$ ;
- практически невероятные – менее  $10^{-9}$ .

Общие требования к летной годности в Нормах сформулированы следующим образом – самолет должен быть спроектирован и построен таким образом, чтобы в ожидаемых условиях эксплуатации при действиях экипажа в соответствии с РЛЭ [2]:

- каждое отказное состояние (функциональный отказ, вид отказа системы), приводящее к возникновению катастрофической ситуации (КС или катастрофического эффекта), оценивалось как практически невероятное и не возникало вследствие единичного отказа одного из элементов системы (для

самолета в целом вероятность КС не должна превышать  $10^{-7}$  на час полета [3]. Другими словами, налет на одну КС, обусловленную отказным состоянием должен быть не менее чем 10 млн. часов рис. 2);

- каждое отказное состояние (функциональный отказ, вид отказа системы), приводящее к аварийной ситуации (АС или аварийному эффекту), должно оцениваться как событие не более частое, чем крайне маловероятное. При этом рекомендуется, чтобы суммарная вероятность возникновения АС, вызванной отказными состояниями (функциональными отказами, видами отказов систем), для самолета в целом не превышала  $10^{-6}$  на час полета. Другими словами, налет на одну АС, обусловленную отказными состояниями, должен быть не менее 1-го млн. часов.

- каждое отказное состояние (функциональный отказ, вид отказа системы), приводящее к сложной ситуации (СС или существенному эффекту), должно оцениваться как событие не более частое, чем маловероятное. При этом рекомендуется, чтобы суммарная вероятность возникновения СС, вызванной отказными состояниями (функциональными отказами, видами отказов систем), для самолета в целом не превышала  $10^{-4}$  на час полета или налет на одну СС должен быть не менее 10-ти тысяч часов.

*Отказное состояние (функциональный отказ, вид отказа системы).* Под отказным состоянием (функциональным отказом, видом отказа системы) понимается неработоспособное состояние системы в целом, характеризующееся конкретным нарушением ее функций независимо от причин, вызывающих это состояние. Отказное состояние (вид отказа системы) определяется на уровне каждой системы через последствия, оказываемые им на функционирование этой системы. Оно характеризуется влиянием на другие системы и на самолет в целом.

## **1.2 Устойчивость и управляемость.**

В определениях особых ситуаций, в качестве критериев классификации, фигурируют понятия устойчивости и управляемости.

## КЛАССИФИКАЦИЯ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ

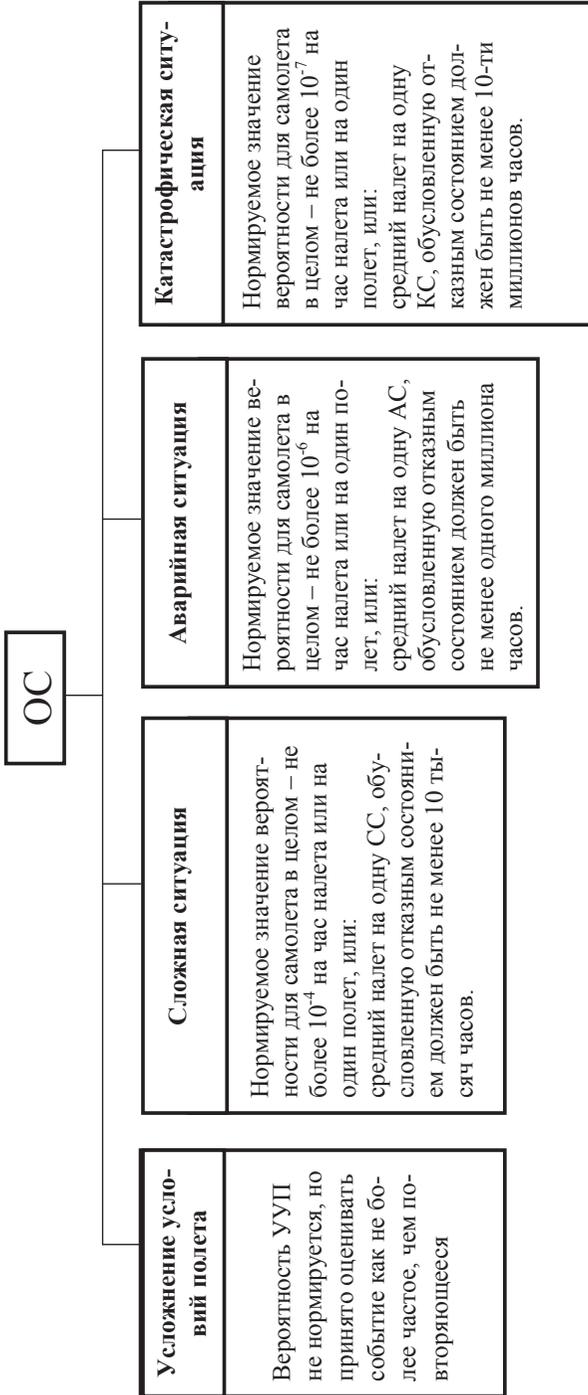


Рис. 2

Устойчивость – свойство самолета восстанавливать без вмешательства пилота кинематические параметры невозмущенного движения и возвращаться к исходному режиму после прекращения действия на самолет возмущений.

Управляемость – свойство самолета отвечать соответствующими линейными и угловыми перемещениями в пространстве на отклонение рычагов управления (штурвала и педалей) [3].

Устойчивость и управляемость находятся в постоянном противоречии и зависят от центровки – положения центра масс самолета относительно фокуса крыла, выраженного в процентах САХ – средней аэродинамической хорды. Если при загрузке самолета сместить центровку вперед, то устойчивость улучшается, а управляемость ухудшается (в продольном канале), и наоборот, если сместить центровку назад, то в этом случае устойчивость ухудшится, а управляемость улучшится. Для каждого типа самолета устанавливается диапазон эксплуатационных центровок – предельно переднее и предельно заднее значения. Выход за эксплуатационный диапазон чреват трагическими последствиями.

8 октября 1980 года в аэропорту Читы (Кадала) произошла авария с самолётом Аэрофлота Ту-154Б 2. Самолёт выполнял пассажирский рейс по маршруту Барнаул — Чита — Хабаровск. В Барнаульском аэропорту персонал службы перевозок нарушил правила загрузки, в результате чего центровка самолёта выходила за эксплуатационный диапазон. С высокой вертикальной скоростью Ту-154 приземлился в 240 метрах от торца взлётно-посадочной полосы, при этом у него были разрушены стойки шасси и нарушилась целостность фюзеляжа.

16 ноября 1981 года в аэропорту Алыкель авиалайнер Ту-154Б-2 1-го Красноярского ОАО («Аэрофлот»), завершал пассажирский рейс по маршруту Красноярск—Норильск и заходил на посадку, когда, находясь уже на глиссаде, потерял высоту и приземлился на поле до ВПП, после чего врезался

в насыпь курсового радиомаяка и разрушился, при этом из находившихся на его борту 167 человек (160 пассажиров и 7 членов экипажа) погибли 99.

По официальному заключению комиссии по расследованию причиной катастрофы явилась потеря продольной управляемости самолёта на завершающем этапе захода на посадку вследствие:

- существенного снижения эффективности руля высоты при его отклонении «на себя» на углы более ( $20^\circ$ );
- перевода двигателей автоматом тяги на режим, близкий к малому газу;
- переднего эксплуатационного положения центровки самолета;
- позднего распознавания экипажем аварийной ситуации и в связи с этим несвоевременным принятием решения об уходе на второй круг.

20 июля 1992 года самолет Ту-154Б авиакомпании Transair Georgia выполнял грузовой рейс по маршруту Тбилиси — Минеральные Воды, но во время вылета из аэропорта Тбилиси выкатился за пределы ВПП и разрушился, в результате чего погибли 28 человек.

По заключению комиссии по расследованию катастрофа самолёта явилась следствием нарушения норм загрузки, что привело к попытке взлёта с взлётной массой, превышающей допустимую для данных условий, и значениях центровки, выходящих за ограничения по предельно передней.

Нарушение ограничений по взлётной массе и центровке явилось результатом сочетания следующих факторов:

- нарушения персоналом коммерческого склада требований «Инструкции по организации выполнения заказных рейсов» в части обязательного полного взвешивания груза, в результате чего на борт самолёта был доставлен дополнительный неучтённый груз;
- неудовлетворительного взаимодействия между службой организации перевозок аэропорта и коммерческим складом – загрузка самолёта осуществлялась практически бесконтрольно, без расчёта фактиче-

ской центровки; отсутствие центровочных графиков на грузовой вариант компоновки самолёта Ту-154.

29 апреля 2013 года. Грузовой самолёт Boeing 747-428BCF авиакомпании США «National Airlines» выполнял рейс по маршруту Лашкаргах—Баграм—Дубай, но через несколько секунд после вылета из Баграма потерял управление и рухнул на землю в 1,5 километрах от торца ВПП. Погибли все находившиеся на его борту 7 членов экипажа.

По расчётам специалистов по расследованию, центровка самолёта могла измениться за считанные секунды с 28% САХ до 55% САХ из-за смещения всего лишь одной бронемашины MRAP (допустимая задняя центровка для Boeing 747-400 — 33% САХ).

### 1.3 Скорость

Подъемная сила несущей поверхности (крыла самолета или лопасти несущего винта вертолета) возникает в результате обтекания ее потоком воздуха, для которого нужна скорость. В формуле подъемной силы фигурирует квадрат *скорости*. Кроме этого, коэффициент подъемной силы  $C_Y$  зависит от угла атаки  $\alpha$  – с увеличением угла увеличивается и коэффициент. Но, когда угол атаки достигает критического значения подъемная сила исчезает и самолет сваливается в штопор. Угол атаки – это угол между продольной осью ОХ и проекцией вектора *скорости* самолета на плоскость YOХ и связанной (с самолетом) системы координат [3].

К сожалению, случаи сваливания самолетов в штопор не единичны. Памятны трагические события середины 90-х годов прошлого века – катастрофа А-310 авиакомпании «Аэрофлот» под Междуреченском в 94-ом, катастрофа самолета Ту-154 под Хабаровском в 95-ом. В 2001-ом катастрофа самолета Ту-154 авиакомпании «Владивостокавиа» в Иркутске. В табл. 1 приведены примеры катастроф самолетов из-за сваливания более позднего периода.

Таким образом, скорость является одним из определяющих факторов обеспечения безопасности полетов воздушных судов и подвергается подробному нормированию.

Нормы летной годности рассматривают требования к летным характеристикам (скорости в том числе) при следующих условиях:

- нормально работающих двигателях;
- отказах критических двигателей;
- нормальной работе систем и агрегатов, влияющих на летные характеристики, устойчивость и управляемость;
- отказах функциональных систем, влияющих на летные характеристики, устойчивость и управляемость.

Критический(ие) двигатель(и). Любой двигатель, отказ которого оказывает наиболее неблагоприятное воздействие на характеристики воздушного судна, относящиеся к рассматриваемому случаю.

*Примечание.* Некоторые воздушные суда могут иметь несколько равным образом критических двигателей. В таком случае выражение "критический двигатель" означает один из этих критических двигателей [2].

Во всех перечисленных случаях характеристики устойчивости и управляемости относятся к штурвальному режиму управления самолетом.

Рассмотрим требования к летным характеристикам ВС на этапе взлёта.

Взлет – этап полета, включающий в себя разбег самолета и отрыв с последующим набором высоты 400 м над уровнем ВПП или высоты, на которой заканчивается переход в полетную конфигурацию, в зависимости от того, какая из них больше.

Нормальный взлет – взлет при нормальной работе всех двигателей и систем самолета, влияющих на взлетные характеристики.

Прерванный взлет – взлет, протекающий как нормальный до отказа двигателя или систем самолета, влияющих на взлетные характеристики, после чего начинается прекращение взлета с последующим торможением самолета до полной его остановки в пределах ВПП.

Таблица 1

## Сводные данные о катастрофах, обусловленных сваливанием

Дата	Тип ВС	Авиакомпания, рейс.	Место со-бытия	Причины сваливания	Последствия
1	2	3	4	5	6
01.06.2009	A330	Air France, Рио-де-Жанейро—Париж	Атлантический океан	Обмерзание трубок Пито, последующее отключение автопилота и несогласованные действия экипажа.	Гибель всех находившихся на борту 228 человек - 216 пассажиров и 12 членов экипажа.
30.06.2009	A310-324	Утепениа, Сана—Морони	Индийский океан, Морони.	СМУ, недостаточная подготовка экипажа. При заходе на посадку допущено значительное падение скорости, что впоследствии привело к потере управления и сваливанию.	Из находившихся на его борту 153 человек (142 пассажира и 11 членов экипажа) выжил только 1 — 12-летняя пассажирка.
18.05.2011	Saab 340A	Sol Líneas Aéreas, Росарио-Кордова-Мендоса-Неукен-Комодоро	Р-н Лос-Менукоса.	Плоский штопор из-за сильного обледенения фюзеляжа и последующей за этим потери управления.	Погибли все находившиеся на его борту 22 человека — 3 члена экипажа и 19 пассажиров.
02.04.2012	ATR 72-201	UТаir, Тюмень-Сургут	Тюмень	Отказ КВС от противообледенительной обработки, наличие ледяных отложений на поверхностях, привело к его сваливанию на взлёте. Экипаж своевременно не распознал сваливание и не предпринял мер.	Из находившихся на борту борту 43 человек (39 пассажиров и 4 члена экипажа) погибло 33.
24.07.2014	MD-83	Air Algérie, Уагадугу - Алжир	80 км. от Госсии (Мали)	Экипаж не заметил начала обледенения, не включил противообледенительное оборудование, отказ датчиков скорости.	Все находившиеся на борту 116 человек (110 пассажиров и 6 членов экипажа) погибли.

1	2	3	4	5	6
28.12 2014	A320- 216	Indonesia AirAsia, Сурабая- Сингапур	Близ побе- режья ост- ро- ва Калима нтан	При полёте на эшелоне возникли СМУ — гроза и сдвиг ветра, что, возможно, привело к отключению автопилота. Допущены ошибки в пилотировании и не предотвращено резкое поднятие но- са авиалайнера. Аэродинамический подхват мог привести к потере скоро- сти и сваливанию самолёта в плоский штопор.	Все находившиеся на борту его 7 членов экипажа и 155 пасса- жиров погибли.
25.02. 2009	737- 8F2	Turkish Airlines, Стамбул— Амстердам	Амстердам	Снизался по глиссаде с включенными автопилотом и автоматом тяги. Но на высоте 600 метров радиовысотометр выдал сбойное значение высоты что привело к переходу автомата тяги в режим малого газа. Скорость упала на 74 км/ч ниже минимально допустимой скорости сработала система преду- преждения о приближении сваливания на высоте 149 метров. Увеличен ре- жим работы двигателей, но не отклю- чен автомат тяги и он снова убрал их режим на малый газ. Только через 6 секунд двигатели были выведены на повышенный режим работы, но было уже слишком поздно.	Из находившихся на его бор- ту 135 человек (128 пассажи- ров и 7 членов экипажа), по- гибли 49, ещё 86 получили ранения различной степени тяжести.

Продолженный (завершенный) взлет – взлет, протекающий как нормальный до момента отказа двигателя или систем самолета, влияющих на взлетные характеристики, после чего взлет продолжается и завершается с отказавшим двигателем или системой.

Значения скоростей на взлёте, предписываемые Нормами, базируются на определяемых при лётных испытаниях минимальных эволютивных скоростях и скорости сваливания ВС. При этом минимальная эволютивная скорость взлета  $V_{MC}$  – это скорость, на которой при внезапном отказе критического двигателя должна обеспечиваться возможность с помощью аэродинамических органов управления восстановить режим полёта и сохранить прямолинейное движение ВС с неработающим критическим двигателем. Скорость сваливания ВС во взлётной конфигурации  $V_S$  — это минимальная скорость, соответствующая достигнутому в лётных испытаниях на больших углах атаки предельному значению угла атаки  $\alpha_{пред}$  или углу атаки сваливания  $\alpha_{св}$ .

Испытания на больших углах атаки проводятся следующим образом: предварительно модель самолета продувается в противштопорной трубе ЦАГИ для выработки рекомендаций экипажу на случай сваливания, полеты выполняются в минимальном составе экипажа, самолет оснащается индивидуальными средствами спасения экипажа и противштопорным парашютом.

Пред каждым вылетом, на предполетной подготовке, экипажем рассчитывается целый ряд параметров предстоящего полета и, в том числе, скорости на взлете:  $V_1$  – принятия решения,  $V_{отр}$  - отрыва передней стойки от полосы, когда пилот должен взять штурвал на себя, чтобы увеличить угол атаки,  $V_2$  – безопасная скорость взлета.

От того на какой скорости отказывает критический двигатель или система, влияющая на взлетные характеристики, зависит принятие решение прекращать или продолжать взлет. Если двигатель или система отказывает на скорости, меньшей скорости принятия решения  $V_1$ , то взлет прекращается, а если на скорости большей  $V_1$  – взлет необходимо продолжить – в противном

случае полосы не хватит и самолет выкатится за ее пределы, и последствия могут быть самыми трагическими.

Скорости на взлете рассчитываются для фактической взлетной массы (скорости захода на посадку – для фактической посадочной массы). Фактическая взлетная (посадочная) масса не должна превышать максимально допустимую взлетную (посадочную) массу по условиям взлета (посадки). К условиям взлета (посадки) относятся:

- длина взлетно-посадочной полосы;
- температура и давление воздуха на аэродроме (эти два параметра, как было показано выше, влияют на тягу реактивного и мощность турбовинтовых двигателей);
- скорость и направление ветра на полосе;
- уклон полосы – при строительстве полос допускается уклон полосы вверх или вниз до двух процентов и это означает что на каждые 100 метров она (полоса) может «уйти» вверх или вниз на два метра;
- препятствия в полосе подходов;
- коэффициент сцепления (на посадке).

Если фактическая взлетная (посадочная) масса не превышает максимально-допустимую, то безопасность взлета (посадки) обеспечена. Именно для фактической взлетной (посадочной) массы определяются скорости на взлете и посадке.

Нормируются безопасные скорости взлета, приведенные к высотам 10,7 м ( $V_2$ ) и 120 м ( $V_{2n}$ ). Так, скорость  $V_2$  должна превышать минимальную эволютивную скорость не менее чем на 10% и превышать скорость сваливания не менее чем на 20%. Скорость  $V_{2n}$  должна превышать минимальную эволютивную скорость не менее, чем на 20%, а скорость сваливания - не менее, чем на 30%.

$$1,1 V_{MC} \leq V_2 \leq 1,2 V_S; \quad 1,2 V_{MC} \leq V_{2n} \leq 1,3 V_S$$

$V_2$  – безопасная скорость взлета (во взлетной конфигурации с выпущенным шасси, которая должна быть достигнута на высоте не более 10,7 м.;

$V_{2n}$  – безопасная скорость взлета (во взлетной конфигурации с убраным шасси,  $H \leq 120$  м);

$V_S$  – скорость сваливания или минимальная скорость установившегося полёта, на которой самолёт управляем;

$V_{MC}$  – минимальная эволютивная скорость взлета (минимальная скорость, на которой при отказе критического двигателя обеспечивается БП).

При полёте по маршруту скорость полёта во всех случаях, в том числе и с одним или двумя отказавшими двигателями (для самолётов, имеющих более двух двигателей), должна быть не менее  $1,3 V_S$  и не более  $V_{max}$ ,

где  $V_{max}$  – максимальная эксплуатационная скорость, которую пилот не должен преднамеренно превышать как в режиме горизонтального полёта, так и при наборе высоты и снижении. В противном случае могут возникнуть такие опасные явления как флаттер, бафтинг, дивергенция и другие аэроупругие колебания. При движении по земле могут возникнуть колебания передней стойки – шимми. Они (колебания) могут привести к разрушению конструкции.

Время экстренного (аварийного) снижения ВС с высоты эшелона до высоты 4200 м не должно превышать 4 мин.

Посадка ВС, так же как и взлёт, в связи со своей сложностью и ответственностью подлежит нормированию [2]:

$$V_{REF} \geq \begin{array}{l} - 1,3 V_{S1} \\ - 1,05 V_{MCL} \\ - 1,17 V_{\alpha \text{ снгн}} \\ - 1,05 V_{MCL-2} \end{array}$$

где:

$V_{MCL}$  – минимальная эволютивная скорость захода на посадку со всеми работающими двигателями;

$V_{\alpha \text{ сигн}}$  – скорость срабатывания сигнализации угла атаки сваливания (с 7% запасом).

Для нормирования посадочных скоростей вводится минимальная эволютивная скорость при заходе на посадку со всеми работающими двигателями  $V_{MCL}$  – это скорость, на которой при внезапном отказе критического двигателя должна обеспечиваться возможность управления самолётом с помощью только аэродинамических органов управления для поддержания прямолинейного движения ВС, и при этом возможно: продолжать заход на посадку при увеличении тяги (мощности) работающих двигателей для сохранения режима снижения без крена: прервать заход на посадку (уйти на второй круг) при увеличении тяги (мощности) работающих двигателей до максимального её значения, установленного для ухода на второй круг, с углом крена не более  $5^\circ$  в сторону работающих двигателей.

Аналогично вводятся минимальные эволютивные скорости при заходе на посадку с одним неработающим двигателем  $V_{MCL-1}$  и с двумя неработающими двигателями  $V_{MCL-2}$  (для самолётов с числом двигателей более двух).

В лётных испытаниях определение минимальных эволютивных скоростей при заходе на посадку должно производиться при всех установленных для захода на посадку и посадки конфигурациях ВС с работающими двигателями, одним неработающим и двумя не работающими двигателями и при наиболее неблагоприятных сочетаниях полётной массы и эксплуатационных центровок.

Поскольку при заходе на посадку устанавливается постоянная скорость полёта по глиссаде (до пролёта торца ВПП), то она получила название скорости захода на посадку  $V_{REF}$  должна, согласно НЛГС, при соответствующей посадочной конфигурации определяться так:

– скорость захода на посадку при всех работающих двигателях должна быть не менее чем  $1,3 V_{S1}$ ,  $1,05 V_{MCL}$ ,  $1,17 V_{\alpha \text{ сигн}}$  и  $1,05 V_{MCL-2}$ .

– скорость ВС в процессе ухода на второй круг должна быть не менее  $1,2 V_{SI}$ , где  $V_{SI}$ , соответствует текущей конфигурации в любой точке ухода на второй круг.

При указанных выше скоростях набора высоты в Нормах приводятся требования к градиентам набора высоты как со всеми работающими двигателями, так и с одним неработающим, в трёх точках траектории 10,7 м ( $\Theta_1$ ), 120 м ( $\Theta_2$ ) и 450 м ( $\Theta_3$ ) (Табл. 2, 3).

Таблица 2

## Градиенты набора высоты на этапе взлета

Конфигурация	$\Theta$	Минимальные значения $\Theta$ при отказе критического двигателя, %		
		Для ВС с 2 двиг. («2-1»)	Для ВС с 3 двиг. («3-1»)	Для ВС с 4 двиг. («4-1»)
Взлетная с выпущенным шасси, $H = 10,7\text{м}$	$\Theta_1 \geq$	>0	0,3	0,5
Взлетная с убраным шасси, $10,7\text{м} < H \leq 120\text{м}$	$\Theta_2 \geq$	2,4	2,7	3,0
Маршрутная, $120\text{м} < H \leq 450\text{м}$	$\Theta_3 \geq$	1,2	1,5	1,7

Таблица 3

## Градиенты набора высоты при уходе на второй круг

Конфигурация	$\Theta$	Минимальные значения $\Theta$ при отказе критического двигателя, %		
		Для ВС с 2 двиг. («2-1»)	Для ВС с 3 двиг. («3-1»)	Для ВС с 4 двиг. («4-1»)

Посадочная (с максимальной посадочной массой)	$\Theta_{y2k} \geq$	$>2,1$	2,4	2,7
--------------------------------------------------	---------------------	--------	-----	-----

Полный градиент набора высоты (тангенс угла наклона траектории, выраженный в процентах) в прямолинейном полёте ВС при одном неработающем двигателе, приведенный к высоте 10,7 м ( $\Theta_1$ ), должен быть:

- положительным – для самолётов с двумя двигателями;
- не менее 0,3 % – для самолётов с тремя двигателями;
- не менее 0,5 % – для самолётов с четырьмя и большим числом двигателей.

Полный градиент набора высоты в крейсерской конфигурации при одном неработающем двигателе, приведенный к высоте 120 м, ( $\Theta_2$ ) должен быть не менее:

- 2,4 % – для самолётов с двумя двигателями;
- 2,7% – для самолётов с тремя двигателями;
- 3,0% – для самолётов с четырьмя и большим числом двигателей.

На той же высоте 120 м полный градиент набора высоты в прямолинейном полёте со всеми работающими двигателями ( $\Theta_3$ ) должен быть не менее:

- 1,2 % – для самолётов с двумя двигателями;
- 1,5% – для самолётов с тремя двигателями;
- 1,7% – для самолётов с четырьмя и большим числом двигателей.

Данные о летно-технических характеристиках самолета определяются в достаточном объеме и приводятся в руководстве по летной эксплуатации самолета. На основе этих данных экипажи перед каждым полетом, на предполетной подготовке рассчитывают целый ряд параметров предстоящего полета в целях обеспечения безопасности полета и эффективности использования ВС [1].

#### **1.4 Сертификация ВС**

Сертификация – форма осуществляемого органом по сертификации подтверждения соответствия объектов требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договоров.

Сертификация ВС – процесс установления соответствия ВС действующим Нормам лётной годности.

В настоящее время функции сертификации ВС ГА в Российской Федерации отозваны у Межгосударственного авиационного комитета и переданы Федеральному автономному учреждению (ФАУ) «Авиарегистр», Управлению сертификации авиационной техники (УСАТ) Федерального агентства воздушного транспорта и Управлению поддержания летной годности воздушных судов (УПЛГВС) Федерального агентства воздушного транспорта

Основной целью и предметом деятельности ФАУ «Авиационный регистр Российской Федерации» является выполнение работ в сфере обязательной сертификации в гражданской авиации, в том числе, гражданских воздушных судов, авиационных двигателей, воздушных винтов и бортового авиационного оборудования гражданских воздушных судов, за исключением гражданских воздушных судов, которым сертификат летной годности выдается на основании сертификата типа, аттестата о годности к эксплуатации либо иного акта об утверждении типовой конструкции гражданского воздушного судна, выданного до 1 января 1967 г., или акта оценки конкретного воздушного судна на соответствие конкретного воздушного судна требованиям к летной годности гражданских воздушных судов и требованиям в области охраны окружающей среды от воздействия деятельности в области авиации, и подтверждения соответствия в авиационной промышленности и гражданской авиации в целях исполнения Росавиацией полномочий, предусмотренных законодательством Российской Федерации.

Виды деятельности ФАУ «Авиарегистр» – выполнение работ в сфере:

1) сертификации типовой конструкции воздушных судов, авиационных двигателей и воздушных винтов;

2) подтверждения соответствия требованиям федеральных авиационных правил юридических лиц, осуществляющих разработку и изготовление воздушных судов и другой авиационной техники;

3) осуществления образовательной деятельности по реализации дополнительных профессиональных программ и основных программ профессионального обучения;

4) осуществления подготовки специалистов согласно перечню специалистов авиационного персонала гражданской авиации по программам подготовки, утверждённым уполномоченным органом в области гражданской авиации.

В сферу деятельности Управления (УСАТ) входят:

1) осуществление полномочий по организации и проведению подтверждения соответствия требованиям федеральных авиационных правил юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих разработку и изготовление воздушных судов и другой авиационной техники;

2) осуществление полномочий по проведению обязательной сертификации гражданских воздушных судов, авиационных двигателей, воздушных винтов и бортового авиационного оборудования гражданских воздушных судов, за исключением гражданских воздушных судов, которым сертификат летной годности выдается на основании сертификата типа, аттестата о годности к эксплуатации либо иного акта об утверждении типовой конструкции гражданского воздушного судна, выданного до 01 января 1967 г., или акта оценки конкретного воздушного судна на соответствие конкретного воздушного судна требованиям к летной годности гражданских воздушных судов и требованиям в области охраны окружающей среды от воздействия деятельности в области авиации с выдачей одобрительных документов;

3) осуществление полномочий по проведению государственного контроля за обеспечением соответствия требованиям к летной годности и к охране окружающей среды типовой конструкции гражданского воздушного

судна, авиационного двигателя или воздушного винта либо изменения их типовых конструкций;

4) осуществление аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров).

УСАТ осуществляет следующие полномочия в установленной сфере деятельности:

1) принимает участие в разработке предложений в проекты федеральных авиационных правил и согласовании проектов федеральных авиационных правил, административных регламентов, других нормативных правовых актов, регулирующих деятельность по направлениям, входящим в сферу деятельности Управления;

2) организует и проводит выдачу документов, подтверждающих соответствие требованиям федеральных авиационных правил, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, осуществляющим разработку и изготовление воздушных судов и другой авиационной техники;

3) организует и проводит обязательную сертификацию гражданских воздушных судов, авиационных двигателей, воздушных винтов и бортового авиационного оборудования гражданских воздушных судов и выдает одобрительные документы;

4) организует и проводит выдачу документа, удостоверяющего изменение ранее утвержденной типовой конструкции гражданского воздушного судна, предусмотренного пунктом 4.1 статьи 37 Воздушного кодекса Российской Федерации;

5) организует и проводит государственный контроль за обеспечением соответствия требованиям к летной годности и к охране окружающей среды типовой конструкции гражданского воздушного судна, авиационного двигателя или воздушного винта либо изменения их типовых конструкций;

6) осуществляет аккредитацию органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров).

В сферу деятельности Управления (УПЛГВС) входят:

1) участие в проведении обязательной сертификации гражданских воздушных судов, авиационных двигателей, воздушных винтов и бортового авиационного оборудования гражданских воздушных судов, за исключением гражданских воздушных судов, которым сертификат летной годности выдается на основании сертификата типа, аттестата о годности к эксплуатации либо иного акта об утверждении типовой конструкции гражданского воздушного судна, выданного до 1 января 1967 г., или акта оценки конкретного воздушного судна на соответствие конкретного воздушного судна требованиям к летной годности гражданских воздушных судов и требованиям в области охраны окружающей среды от воздействия деятельности в области авиации;

2) участие в подготовке и выдаче документа, удостоверяющего изменение ранее утвержденной типовой конструкции гражданского воздушного судна, предусмотренного пунктом 4.1 статьи 37 Воздушного кодекса Российской Федерации;

3) участие в проведении государственного контроля за обеспечением соответствия требованиям к летной годности и к охране окружающей среды типовой конструкции гражданского воздушного судна, авиационного двигателя или воздушного винта либо изменения их типовых конструкций;

4) осуществление аккредитации органов по сертификации и испытательных лабораторий (центров), в рамках компетенции Управления.

Управление осуществляет следующие полномочия в установленной сфере деятельности:

1) организует и проводит выдачу документов, подтверждающих соответствие требованиям федеральных авиационных правил, юридическим лицам, индивидуальным предпринимателям, осуществляющим техническое обслуживание гражданских воздушных судов;

2) принимает участие в работе по определению технического состояния (комиссованию) воздушных судов, используемых для воздушных перевозок высших должностных лиц Российской Федерации и иностранных государств;

3) выдает свидетельства лицам из числа специалистов авиационного персонала гражданской авиации, допускаемым к выполнению функций по техническому обслуживанию воздушных судов;

4) организует и проводит обязательную сертификацию гражданских воздушных судов, авиационных двигателей, воздушных винтов и бортового авиационного оборудования гражданских воздушных судов;

5) участвует в проведении государственного контроля за обеспечением соответствия требованиям к летной годности и к охране окружающей среды типовой конструкции гражданского воздушного судна, авиационного двигателя или воздушного винта либо изменения их типовых конструкций;

6) осуществляет аккредитацию органов по сертификации в установленной сфере деятельности;

7) осуществляет в рамках своей компетенции разработку и реализацию мероприятий по результатам расследований авиационных происшествий и инцидентов.

Управление с целью реализации полномочий в установленной сфере деятельности имеет право:

1) выдавать документы, подтверждающие соответствие требованиям федеральных авиационных правил юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих техническое обслуживание гражданских воздушных судов;

2) выдавать соответствующие документы при организации и проведении инспекции гражданских воздушных судов с целью оценки их летной годности;

3) вести реестр выданных сертификатов летной годности воздушных судов, документов, подтверждающих соответствие требованиям федеральных авиационных правил юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих техническое обслуживание гражданских воздушных судов, выданных разрешений на бортовые радиостанции;

4) принимать участие в проведении обязательной сертификации гражданских воздушных судов, авиационных двигателей, воздушных винтов и бортового авиационного оборудования гражданских воздушных судов, за исключением гражданских воздушных судов, которым сертификат летной годности выдается на основании сертификата типа, аттестата о годности к эксплуатации либо иного акта об утверждении типовой конструкции гражданского воздушного судна, выданного до 1 января 1967 г., или акта оценки конкретного воздушного судна на соответствие конкретного воздушного судна требованиям к летной годности гражданских воздушных судов и требованиям в области охраны окружающей среды от воздействия деятельности в области авиации (с выдачей сертификата типа);

5) принимать участие в проведении государственного контроля за обеспечением соответствия требованиям к летной годности и к охране окружающей среды типовой конструкции гражданского воздушного судна, авиационного двигателя или воздушного винта либо изменения их типовых конструкций;

6) участвовать в разработке мероприятий по результатам мероприятий в результате расследования авиационных происшествий и инцидентов;

7) участвовать в комиссиях по инспекционным проверкам эксплуатантов воздушного транспорта; в рассмотрении и согласовании внесения изменений в сертификат эксплуатанта и бортовое авиационное оборудование воздушных судов эксплуатанта; в рассмотрении и согласовании руководств по техническому обслуживанию, программ технического обслуживания и MEL эксплуатанта.

От качества сертификации прямо непосредственно зависит безопасность полетов: 02 сентября 1998 года самолет MD-11 Швейцарской авиакомпании «SWISSAIR» потерпел катастрофу, упав в Атлантический океан. Причина катастрофы возгорание электропроводки мультимедийной системы в 1-ом классе, встроенной в систему энергоснабжения самолета и не имеющей системы охлаждения и общего выключателя. Но основной причиной

явилось то обстоятельство, что в тепловой и звуковой изоляция герметичной части фюзеляжа был использован металлизированный полиэтиленовый теоровтолат. Этот материал не был трудногораемым и самозатухающим, как этого требуют Нормы, а напротив, оказался горючим и поддерживающим горение. И это при том, что самолет был в свое время сертифицирован.

### **1.5 Сохранение (поддержание) лётной годности ВС**

Сохранение лётной годности ВС осуществляется системой технического обслуживания и ремонта.

Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники - комплекс организационно-технических мероприятий, направленных на сохранение лётной годности ВС в процессе их эксплуатации в соответствии с положениями действующих нормативных документов.

Нарушение установленного порядка технического обслуживания и ремонта может привести к самым трагическим последствиям...

Катастрофа DC-10 в Чикаго, произошедшая 25 мая 1979 года. Самолет McDonnell Douglas DC-10-10 авиакомпании American Airlines выполнял регулярный рейс по маршруту Чикаго – Лос-Анджелес, при разбеге по ВПП лишился двигателя №1 (левого) и через минуту после взлёта рухнул на землю в 1,5 километрах от аэропорта Чикаго. В катастрофе погибли 273 человека – все находившиеся на борту самолёта 271 человек (258 пассажиров и 13 членов экипажа) и 2 человека на земле.

Согласно отчёту, причиной отделения левого двигателя стала некачественная процедура регулярного техобслуживания, проведённая в аэропорту Талсы (Оклахома). Механик, как оказалось, не следовал инструкции по демонтажу и монтажу левого двигателя и его крепления, что впоследствии вызвало его выход из строя. Двигатель поднимали и крепили на подъёмнике, и от ударных нагрузок при монтаже в креплении стали появляться микротрещины, которые в итоге привели к разрыву соединения.

Катастрофа Boeing 747 под Токио, произошедшая 12 августа 1985 года и ставшая одной из крупнейших в мире. Авиалайнер Boeing 747SR-46 авиакомпании Japan Air Lines (JAL) совершал внутренний рейс по маршруту Токио – Осака, но через 12 минут после взлёта лишился вертикальной части хвостового оперения – киля, что привело к выводу из строя всех четырёх гидравлических систем и потере управления. Экипаж продержал неуправляемый самолёт в воздухе 32 минуты, но он врезался в гору в 100 километрах от Токио. Из находившихся на его борту 524 человек (509 пассажиров и 15 членов экипажа) выжили 4.

Это вторая (по количеству погибших) крупнейшая катастрофа за всю историю авиации (после столкновения двух Boeing 747 на Тенерифе) и крупнейшая катастрофа одного самолёта.

В ходе расследования было установлено, что 2 июня 1978 года, за семь лет до катастрофы, самолет приземлился с большим углом тангажа и ударился хвостовой частью о взлётную полосу аэропорта Осаки, в результате чего был повреждён хвостовой гермошпангоут.

В процессе проведения ремонта не были выполнены технические условия, предусмотренные компанией «Boeing», согласно которым предписывалось произвести укрепление повреждённых половинок гермошпангоута с помощью цельной пластины-усилителя, закреплённой тремя рядами заклёпок. Проводившие ремонт техники вместо установки единого усилителя с тремя рядами заклёпок применили два отдельных усиливающих элемента, один из которых был закреплён двойным рядом заклёпок, а второй всего лишь одним рядом заклёпок. Под воздействием переменных нагрузок во время циклов «взлёт-посадка» металл толщиной 0,9 сантиметра в местах сверления постепенно разрушался и в конце концов не выдержал.

При наборе высоты в роковом полете ослабленный гермошпангоут не выдержал давления и разрушился, при этом перебив трубопроводы гидравлических систем. Вырвавшийся из салона под большим давлением воздух

поступил в негерметичную полость киля и оторвал его, самолёт стал практически неуправляемым.

31 января 2000 года произошла катастрофа MD-83 близ Анакапы. Самолет авиакомпании Alaska Airlines совершал плановый рейс по маршруту Пуэрто-Вальярта – Сан-Франциско – Сиэтл, но при подлёте к Сан-Франциско рухнул в воду в 4,5 километрах от побережья острова Анакапа (Калифорния) из-за отказа механизма перестановки стабилизатора. Погибли все находившиеся на его борту 88 человек – 83 пассажира и 5 членов экипажа.

Согласно отчёту, причиной катастрофы стало недостаточное количество смазки в винтовом механизме, изменяющем угол установки стабилизатора, что привело к повышенному износу бронзовой гайки этого механизма, её поломке и, как следствие, уводу стабилизатора и потере управления. Последняя замена смазки перед катастрофой производилась в сентябре 1999 года. Расследование выяснило, что руководство авиакомпании Alaska Airlines увеличило периодичность технического обслуживания винтового механизма управления стабилизатором. Это существенно ухудшило свойства смазки, привело к повышенному износу в паре винт-гайка и ее разрушению.

В функции системы ТО и Р входят:

- содержание ВС в исправном состоянии в соответствии с установленными нормативами;
- анализ причин отказов и неисправностей авиационной техники и внедрение мероприятий по их предупреждению;
- авиационно-техническая подготовка летного состава и профессиональная подготовка инженерно-технического персонала, проверка их знаний и практических навыков по вопросам эксплуатации авиационной техники;
- планирование использования ресурсов ВС, их технического обслуживания, ремонта, специальных осмотров и конструктивных доработок авиационной техники;

- контроль соблюдения правил технической эксплуатации ВС специалистами всех служб и организаций, участвующих в подготовке авиационной техники к полётам, а также осуществляющих полёты;
- проведение мероприятий по сохранности авиационной техники на земле.

К выполнению полёта допускаются только исправные ВС, прошедшие подготовку и проверку в порядке, установленном нормативными документами ГА.

Для выполнения или завершения рейса ВС может быть выпущено в полёт из базового, промежуточного или конечного аэропорта с отказом или неисправностью, если они не влияют на безопасность полётов и предусмотрены специальным перечнем MEL.

К работам по эксплуатации ВС допускается инженерно-технический персонал, а также другие специалисты, имеющие соответствующий допуск к эксплуатации ВС данного типа.

Сохранение (поддержание) лётной годности ВС, как центральных элементов АТС, вместе с экипажами образующих её ядро, является одной из основных составляющих процесса обеспечения безопасности полётов, именуемой также авиационно-техническим обеспечением безопасности полётов. Эта составляющая заключается в процедурах управления техническим состоянием авиационной техники (АТ), реализуемых в технологических процессах её технического обслуживания и ремонта.

Сохранение лётной годности – результат применения комплекса мероприятий, которые гарантируют, что в любой момент своего срока службы ВС соответствуют действующим требованиям к лётной годности и их состояние обеспечивает безопасную эксплуатацию [5].

Целью этих процедур или процессов является поддержание заданного уровня надёжности работы АТ: силовых установок, бортового оборудования и функциональных систем, конструкции ВС.

### **1.5.1 Отказы авиационной техники и их влияние на безопасность полётов**

Надежность – свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств [6].

Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или наработки [6].

Анализ различных факторов, влияющих на безотказность АТ, показывает, что отказы и неисправности агрегатов и систем ВС в целом возникают из-за наличия конструктивных и производственных недостатков, малого объёма испытаний после изготовления, неудовлетворительной контролепригодности ВС, а также недостаточности контроля их технического состояния в процессе обслуживания и перед полетом.

По данным аналитиков корпорации Boeing около 5% всех АП происходит из-за отказов и неисправностей авиационной техники. Этот показатель может отклоняться от указанных значений в зависимости от типа ВС, его налета и времени эксплуатации, уровня подготовки личного состава и т.д.

Обеспечение безотказной работы АТ на предприятиях гражданской авиации возлагается на инженерно-технический персонал организаций по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники, который обязан постоянно поддерживать летную годность эксплуатируемых ВС, предупреждать и устранять отказы и неисправности АТ по причинам, зависящим от личного состава, конструктивно-производственных недостатков и низкого качества ремонта, предупреждать их появление в процессе технического обслуживания.

Для обеспечения безотказности АТ в процессе эксплуатации проводятся специальные исследования технического состояния ВС с различным налётом и эксплуатирующихся в различных климатических условиях. Обеспечение безотказной работы всех систем, устройств и аппаратуры ВС в полёте – важное направление работы по повышению безопасности и регулярности полётов.

## **1.5.2 Организация процессов сохранения лётной годности ВС.**

### **Методы обеспечения надёжности авиационной техники**

К основным методам обеспечения надёжности АТ относятся:

- использование высоконадёжных изделий АТ (узлов и агрегатов);
- установление ресурса изделий АТ и определение срока их службы;
- резервирование и другие методы повышения надёжности и живучести изделий АТ;
- применение различных методов контроля технического состояния изделий АТ;
- выполнение профилактических и ремонтно-восстановительных работ по поддержанию уровня надёжности АТ.
- Ресурс — это наработка изделия в часах или циклах (число посадок и т.д.) до наступления предельного состояния. Различают гарантийный, назначенный и межремонтный ресурсы.
- Гарантийный ресурс — это максимально допустимая наработка изделия, в течение которой изготовитель гарантирует работоспособность изделия при соблюдении установленных правил эксплуатации.
- Назначенный ресурс — суммарная наработка объекта, при достижении которой эксплуатация должна быть прекращена независимо от его состояния.

- Межремонтный ресурс — наработка объекта между двумя последовательными ремонтами установление сроков службы изделия предусматривает условия сохранения эксплуатационных свойств и надёжности изделия при наличии запаса ресурса.
- Резервирование — это метод повышения надёжности изделия путем введения резервных частей, являющихся избыточными по отношению к минимальной функциональной структуре. Резервирование подразделяется на структурное, информационное, функциональное и нагрузочное.

#### *Принципы безопасного ресурса и безопасной повреждаемости*

При создании ВС обычно могут использоваться два основных принципа решения проблемы обеспечения надёжности и эффективности технической эксплуатации ВС: безопасного ресурса и безопасной повреждаемости.

Принцип безопасного ресурса предусматривает установление для создаваемой конструкции такого ресурса до ремонта, в течение которого в ней не появятся опасные повреждения.

Ресурс до ремонта устанавливается обычно расчётом или экспериментом по аналогии с ранее известными и испытанными конструкциями. По истечении установленного ресурса изделие заменяется независимо от того, имеет оно опасные повреждения или нет.

Принцип безопасной повреждаемости характеризуется тем, что создаваемая конструкция допускает появление отдельных повреждений, в том числе и опасных, без ущерба для безопасности и регулярности полётов ВС до очередной формы периодического ТО.

Принцип безопасного ресурса, занимавший в течение многих лет при конструировании ВС ведущее место, в современных условиях создания новых изделий авиационной техники все более заменяется принципом безопасной повреждаемости конструкций. При этом основная задача конструкторов заключается в том, чтобы найти и осуществить на практике такие конструктивно-технологические решения отдельных элементов, узлов и конструкции

ВС в целом, которые даже при наличии повреждений обеспечивают возможность безопасного выполнения одного или нескольких полётов до запланированного момента устранения этих повреждений.

Свойство конструкции, заключающееся в возможности продолжения эксплуатации в течение некоторого времени с не устранённым повреждением или отказом элемента (живучесть), может быть использовано для планирования выполнения обслуживания или ремонта в удобное время. Надёжность механических систем (конструкций) должна поддерживаться в эксплуатации путём выполнения соответствующих контрольных операций. Выполняемые осмотры при техническом обслуживании и тщательная дефектация ВС в ремонте должны позволять своевременно выявлять дефекты и не допускать возникновения опасных отказов. В качестве приемлемого уровня живучести считается допустимость появления первых усталостных повреждений после отработки не менее половины назначенного ресурса изделия и их «медленное» развитие со скоростью, обеспечивающей обнаружение их при выборочном контроле и контроле опасных зон.

Учитывая вероятностную природу процесса развития усталости металлов, живучесть конструкции можно характеризовать следующими параметрами:

- случайной величиной наработки до возникновения трещины  $t_0$ ;
- случайной величиной скорости распространения трещины  $V$ ;
- временем наработки конструкции в летных часах от начала появления трещины до её развития до предельно допустимого значения.

Основной характеристикой (критерием) качества контроля технического состояния конструкции планера является вероятность обнаружения повреждений -  $Q_k$ .

Величина  $Q_k$  зависит от многих факторов:

- 1) условия проведения контроля (днём, ночью, в ангаре, на открытом воздухе и т. п.);
- 2) опыта и квалификация исполнителей;

- 3) качества контрольно-поверочного оборудования;
- 4) доступности зоны и объекта контроля;
- 5) геометрии и материала объекта контроля.

Основными видами деятельности по сохранению лётной годности ВС при эксплуатации авиационной техники являются:

- применение различных методов контроля технического состояния изделий АТ;
- выполнение профилактических и ремонтно-восстановительных работ по поддержанию уровня надёжности АТ.

*Сохранение лётной годности ВС при их эксплуатации. Программный подход к решению проблем технической эксплуатации.*

Содержание и объёмы технического обслуживания и ремонта (ТОиР) современного ВС должны определяться не тогда, когда он уже окончательно изготовлен, и не по прототипу, как это зачастую делается. Эта задача должна решаться конструкторами ещё 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, необходимой эксплуатационно-технической документации (ЭТД) 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 потреб-

ного 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 технологию обслуживания и ремонта, основанную на стратегии «по 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 полётов 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 соответствуют 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

сти труда на предприятиях отрасли проводится аттестация продукции по категориям качества, организован пересмотр технических условий на серийную наземную технику.

В гражданской авиации принята концепция новой системы организации ТОиР магистральных самолётов, которая предусматривает:

- отказ от капитальных ремонтов этих самолетов и упразднение применительно к ним понятий «ресурс до 1-го ремонта», «межремонтный ресурс»;
- проведение необходимых ремонтно-восстановительных работ на планере «по состоянию» на протяжении всего периода эксплуатации самолета с совмещением таких работ с периодическими формами ТО;
- разработку единого технологического процесса ТОиР;
- интеграцию информационной и производственной базы, трудовых и материальных ресурсов эксплуатации и ремонта, организации и управления производством.

Реализация данной концепции требует создания предприятий нового типа - Центров (объединений) по эксплуатации и ремонту. Создание таких Центров (объединений) позволит наиболее полно использовать имеющуюся ангарную базу, производственные площади и оборудование, сократить простои ВС на ТОиР, снизить затраты на приобретение средств контроля и диагностики и на материально-техническое обеспечение.

Важными звеньями совершенного инженерно-технического обеспечения являются «Заказчик» и предприятия промышленности, выпускающие продукцию, их заинтересованность в повышении качества и эффективности использования ВС.

*Обеспечение безотказной работы авиационной техники при подготовке ВС к полётам. Обеспечение безопасности полётов ИАС.*

В процессе эксплуатации важную роль в обеспечении требуемого уровня надёжности ВС и безопасности полётов играет ИАС. Это достигается соответствующим проведением проверок исправности жизненно важных си-

стем ВС с использованием современных методов и средств диагностирования, выполнением необходимых регулировочных и профилактических работ, заправкой систем ГСМ и спецжидкостями при техническом обслуживании ВС и подготовке их к полёту. Подготовка современных ВС к полёту производится большим числом различных специалистов высокой квалификации с применением многообразных и сложных средств механизации, аэродромного оборудования, контрольно-измерительной аппаратуры. Однако среди многих причин, вызывающих АП (инциденты), встречаются отказы авиационной техники по вине ИАС.

Основными причинами недостатков в работе инженерно-технического состава по обеспечению безопасности полётов являются: слабые знания личным составом конструкции обслуживаемой АТ, особенностей её эксплуатации и технического обслуживания; низкая квалификация отдельных исполнителей; нарушения правил заправки ВС ГСМ и спецжидкостями; некачественное или несвоевременное выполнение работ, предусмотренных регламентом технического обслуживания; недостаточный контроль качества выполняемых работ и состояния ВС; низкий уровень технической культуры; слабая постановка воспитательной работы среди инженерно-технического состава.

По данным корпорации Boeing в среднем 8 % АП в результате ошибок и нарушений при техническом обслуживании АТ.

Анализ инцидентов показывает, что наиболее характерными ошибками инженерно-технического состава, допускаемыми в процессе технического обслуживания ВС и подготовке их к полёту, являются:

- нарушение инструкции по запуску и опробованию двигателей, что ведёт к выходу их из строя или повреждениям в результате превышения допустимых температур;
- попадание посторонних предметов в двигатели в процессе запуска (не снятие заглушек, лед, инструмент, мелкие предметы с площадки под двигателем), приводящее к повреждениям двигателей;

- оставление в результате недосмотра снега в различных узлах самолета и образований льда, в результате чего появляются поломки некоторых узлов в системах управления и механизации ВС, разрушения сот маслорадиатора и т. д.;
- небрежность, допускаемая при проведении технического обслуживания, буксировке и эксплуатации ВС, приводящая к повреждению капотов, створок, лючков и т. д.;
- неправильное выполнение регулировочных работ (концевых выключателей уборки и выпуска шасси, управления передней опорой, механизации крыла, топливорегулирующей аппаратуры двигателя и т. д.);
- неполное, некачественное устранение неисправностей, выявленных в полёте и при техническом обслуживании;
- незакрытие или некачественное закрытие крышек, лючков, что приводит к их срыву в полёте и повреждению обшивки и двигателей, утечке масла, топлива, гидросмеси и т. п.;
- повреждение накидных гаек трубопроводов различных систем ВС в результате нарушения технологических указаний в части применения инструмента;
- недостаточная затяжка хомутов на трубопроводах, гаек крепления агрегатов, что приводит к появлению течи;
- неправильная контровка или её отсутствие после выполнения работ по обслуживанию, замене агрегатов, выполнению доработок, что приводит к отворачиванию гаек, рассоединению тяг в системах управления, винтовых механизмах и т. д.;
- нарушение технологии монтажа ряда агрегатов, промывки фильтров, что ведёт к браку в работе;
- передача незаконченных работ без оформления пооперационных ведомостей, что приводит в ряде случаев к невыполнению полного объёма работ по обслуживанию и появлению отказов.

Большинство приведенных ошибок — следствие безответственного отношения отдельных работников ИАС к выполнению своих служебных обязанностей и несоблюдения ими технологической дисциплины, недостатка знаний, опыта по техническому обслуживанию, а также неудовлетворительного контроля со стороны командно-руководящего состава и ОТК АТБ за качеством технического обслуживания.

Работы, выполняемые ИАС в процессе эксплуатации АТ, по обеспечению БП можно разделить на следующие: профилактические мероприятия, связанные с выполнением рекомендаций промышленности, которые отражаются в соответствующей технической документации и бюллетенях; работы по всем видам технического обслуживания АТ, объём которых определяется регламентом технического обслуживания для каждого типа ВС: целевые осмотры и проверки АТ, выполняемые в соответствии с требованиями текущих документов (директив, указаний, распоряжений и т. д.) или по решению руководящего состава эксплуатационных предприятий.

#### *Мероприятия ИАС по повышению безопасности полётов*

Обеспечение безопасности полётов является комплексной задачей и её решение осуществляется проведением мероприятий по различным направлениям, в которых принимает непосредственное участие и ИАС.

Для обеспечения БП и эффективности использования ВС в гражданской авиации функционирует «Комплексная программа организации работ ИАС ГА по обеспечению БП и повышению эффективности использования АТ». Главная её цель - обеспечение безопасности полётов и эффективности использования АТ.

В основу выполнения программы положены следующие принципы:

- повседневная работа руководителей ИАС с личным составом службы, постоянный контакт с лётным составом, научными работниками, специалистами наземных служб при соблюдении строжайшей персональной ответственности;
- постоянный анализ состояния АТ и безопасности полётов с привле-

чением компетентных специалистов;

- проведение по каждому событию на АТ глубокого анализа, выработка решений, организация и проведение мероприятий по его предотвращению и устранению;

- соблюдение определенного порядка допуска инженерно-технического состава к работе на АТ, стажировки молодых специалистов и переподготовки инженерно-технического состава;

- оценка состояния и работоспособности АТ с использованием инструментальных методов и средств контроля.

Разработка и проведение мероприятий по инженерно-авиационной службе (ИАС) — составная часть профилактической работы, проводимой в авиапредприятии. ИАС проводит единый комплекс мероприятий, направленных на повышение надёжности авиационной техники и безопасности полётов.

К основным мероприятиям ИАС по повышению безопасности полётов относятся: обеспечение надёжности АТ за счет повышения эффективности и качества ТО ВС; обучение летного и инженерно-технического состава; разработка требований к промышленности по устранению недостатков и совершенствованию АТ.

Для повышения эффективности и качества технического обслуживания в АТБ разрабатывают мероприятия, предусматривающие:

- совершенствование системы управления производством;
- внедрение прогрессивных методов организации стимулирования труда, обеспечение равномерной и ритмичной загрузки подразделений и отдельных исполнителей;

- совершенствование организации и технологии работ по обслуживанию АТ и материально-техническое обеспечение технического обслуживания;

- улучшение системы контроля выполняемых работ, объективность оценки качества труда;

- повышение квалификации инженерно-технического и летного состава по эксплуатации АТ;
- соблюдение личным составом ИАС трудовой, производственной и технологической дисциплины;
- совершенствование формы морального и материального стимулирования за высококачественный труд;
- проведение технических разборов с анализом работы исполнителей и подразделений за определенный период, причин отказов и неисправностей АТ, инцидентов, задержек вылетов по техническим причинам;
- обобщение положительного опыта работы специалистов по обеспечению высокого качества работ;
- рассмотрение фактов нарушения трудовой, производственной и технологической дисциплины с анализом их причин;
- изучение с подчиненными вновь поступивших руководящих документов с постановкой задач на предстоящий период.

Важное место в повышении надёжности АТ и безопасности полётов играет организация авиационно-технической подготовки летного и технического состава. Наряду с первоначальной профессиональной подготовкой личного состава в высших и средних учебных заведениях гражданской авиации проводится повышение квалификации инженерно-технических работников в учебно-тренировочных отрядах, средних и высших учебных заведениях, а также на предприятиях промышленности..

Авиационно-техническая подготовка ИТС проводится по типовым программам и включает:

- текущую техническую подготовку, при которой осуществляется оперативное изучение поступающих на предприятие документов, регламентирующих работу ИАС и эксплуатацию АТ. ИАС приобретает навыки по новым видам работ на АТ, изучает причины отказов и неисправностей АТ, методы их выявления, устранения, предупреждения, изучает конструктивные изменения АТ, бюллетени по её доработке;

- подготовку к эксплуатации АТ в сезонных условиях. Проводится 2 раза в год - к осенне-зимнему и весенне-летнему сезонам. Предусматривается изучение опыта эксплуатации ВС в аналогичных периодах в прошлые годы, правил охраны труда и техники безопасности;
- технические конференции и семинары, на которых ИТС изучает и обобщает опыт эксплуатации ВС, мероприятия по обеспечению надёжности АТ, новые прогрессивные формы труда, опыт по освоению отдельных видов работ на АТ, рациональному использованию средств диагностирования и наземного обслуживания;
- курсы целевого назначения по изучению АТ, повышения квалификации технического, инженерного и руководящего инженерного состава. Обучение проводится в УТО, на предприятиях или в учебных заведениях;
- стажировку лётного и ИТС на АТ. Она осуществляется по заданиям, подписанным соответствующим должностным лицом. После стажировки специалисту выдается заключение об итогах стажировки;
- самостоятельную подготовку, которая проводится по отдельным темам в соответствии с личными планами специалистов или по индивидуальным заданиям.

Инженерному и техническому составу разрешается переучиваться в порядке самоподготовки с последующей сдачей экзаменов экстерном в УТО и оформлением допуска к техническому обслуживанию АТ. Допуск для выполнения работ на АТ оформляется для инженеров не более чем на четырех типах ВС - при периодическом обслуживании и не более чем на шести типах - при оперативном техническом обслуживании, авиатехникам - соответственно на трех и пяти типах ВС.

Допуск к самостоятельному обслуживанию инженерам и авиатехникам АТБ, прошедшим переучивание, а также специалистам, прибывшим из учебных заведений, оформляют приказом руководителя авиапредприятия по завершению ими программы стажировки, утвержденной для ВС данного типа.

Разработка требований к промышленности осуществляется на основании исследования технического состояния АТ и оформления рекламационных актов. Важными в данной работе являются контроль за ходом выполнения доработок АТ и оценка эффективности мероприятий по БП.

Оценка эффективности мероприятий, направленных на повышение безопасности полётов, может быть проведена на основании анализа информации о неблагоприятных событиях, характеризующих уровень безопасности полётов. Прослеживая динамику изменения статистических показателей по календарному времени, можно судить об эффективности проведенных мероприятий. Для авиапредприятия достаточным критерием эффективности выполненных мероприятий является отсутствие в течение определенного времени случаев повторения отказов АТ.

#### *Специальное техническое обслуживание ВС*

Специальное техническое обслуживание ВС проводится после попадания ВС в особые условия и случаи полёта:

- грубое приземление;
- посадка до ВПП;
- выкатывание самолёта на грунт за пределы ВПП;
- посадка с массой, большей максимально посадочной;
- попадание самолёта в град;
- попадание самолёта в пыльную бурю;
- воздействие на самолёт атмосферного электричества и др.

Требуется выполнить более тщательный осмотр как визуальный, так и с применением инструментальных средств планера, силовых установок, АиРЭО и систем самолёта, а также часть работ в объёме форм периодического технического обслуживания.

#### *Исследования причин отказов авиационной техники*

Исследования объектов аварийной и отказавшей АТ проводятся, как правило, непосредственно на эксплуатационных предприятиях или заводах ГА.

В необходимых случаях (при расследовании АП и АИ) отдельные объекты отказавшей АТ (агрегаты, узлы, детали) направляются в Государственный центр «Безопасность полётов на воздушном транспорте», ГосНИИ «Аэронавигация» или на ремонтные заводы ГА, заводы и ОКБ авиационной промышленности.

#### *Развитие системы сохранения лётной годности ВС в РФ*

Совершенствование системы сохранения лётной годности ВС в РФ предполагает деятельность, основанную на аналитическом комплексном подходе с учётом всех факторов влияния на эффективность и качество её деятельности.

На рис. 2 приведены основные факторы, из которых следует, что эффективность процессов сохранения лётной годности ВС при эксплуатации зависит от:

- исходных свойств эксплуатируемой техники (*Качество ВС*);
- качества процессов сертификации объектов деятельности в сфере сохранения лётной годности (*Сертификация*);
- качества программ сохранения лётной годности (*Программа сохранения ЛГ, Программа ТОиР*).

Приведенные факторы находятся в тесной взаимосвязи. Так, в частности, выбор стратегии ТОиР и применяемой технологии принципиально зависит от таких свойств качества ВС как технологичность и надёжность, а качества ВС во многом зависят от процессов сертификации, сертификационных требований и применяемых процедур.

Рассматривая современные принципы конструирования ВС, положительно влияющие на эффективность процессов сохранения лётной годности, следует назвать:

- обеспечение безопасной повреждаемости конструкций;

- обеспечение высоких значений показателей долговечности и живучести конструкции, функциональных систем ВС;
- усиление требований в отношении обеспечения эксплуатационно-технических характеристик современных ВС;
- применение встроенных средств и бортовых автоматизированных систем диагностирования функциональных систем;
- применение высокой степени резервирования изделий и функциональных систем;

### Факторы сохранения лётной годности ВС



Рис. 3

- обеспечение требуемого уровня эксплуатационной технологичности и контролепригодности создаваемых конструкций;
- определение содержания и объёмов ТОиР на этапах проектирования и начала постройки ВС;
- создание к началу эксплуатации ВС прогрессивных программ ТОиР и соответствующей им эксплуатационно-технической документации.

Следует обратить особое внимание на применение встроенных средств и бортовых автоматизированных систем контроля (БАСК) и диагностирования функциональных систем ВС. Именно благодаря этому направлению развития авиационной техники удалось обеспечить требуемый уровень эксплуатационной технологичности и контролепригодности создаваемых конструкций и создать техническую базу для реализации прогрессивных технологий обслуживания авиационной техники по состоянию.

#### *БАСК самолета Ан-70*

В качестве примера рассмотрим новые возможности, обеспеченные БАСК, установленной на самолёте Ан-70. Самолёт спроектирован с использованием принципов безопасного повреждения и повышенной живучести планера и систем. Бортовые средства контроля и диагностики дают возможность эксплуатировать самолет Ан-70 автономно на необорудованных аэродромах без использования каких-либо специальных наземных средств. На самолете внедрена концепция технического обслуживания и ремонта (ТОиР) основанная на:

- применении стратегии технической эксплуатации и ремонта “по состоянию” (до предотказного состояния или до безопасного отказа);
- применении инженерного анализа влияния характеристик надёжности функциональных систем и их элементов на безопасность, регулярность полётов, эффективность эксплуатации с помощью логических схем принятия решений;

- определении рациональной периодичности работ с учетом характеристик надёжности элементов;
- применении оптимизированных алгоритмов поиска отказов и неисправностей;
- определении комплексов запасных частей и расходных материалов, рассчитанных для заданных заказчиком режимов эксплуатации самолета в зависимости от налета, ограничений по массе, объему и стоимости на основе характеристик надежности элементов;
- применении бортовой системы автоматизированного контроля;
- применении сервисного программно-технологического комплекса поддержки эксплуатации, являющегося отдельным программным продуктом;
- разработке перечня отказов, с которыми разрешена ограниченная эксплуатация;
- наличии трех уровней технического обслуживания:
  - а) подготовка к полетам (линейное обслуживание),
  - б) регламентные работы (в базовом аэропорту),
  - в) контрольно-восстановительное обслуживание (в центре ТОиР);
- внедрении принципов эксплуатационной и ремонтной технологичности;
- широком применении средств эксплуатационного контроля.

Внедрение вышеназванной концепции позволяет получить в эксплуатации следующие количественные показатели ТОиР:

- удельная суммарная трудоемкость ТОиР - 10 чел.ч/ч нал.;
- время замены предварительно смонтированного маршевого двигателя - не более 2.5 ч.;
- продолжительность предполетной подготовки - 1 ч;
- продолжительность подготовки к повторному полету - 40 мин..

Бортовая информационная система (БИС) обеспечивает сбор и индикацию информации о состоянии самолётных систем в полёте и при наземном обслуживании, непрерывный контроль циклической работоспособности и оценку технического состояния двигателя, систем и оборудования, а также регистрацию их состояния. Такой системой на этом самолёте является БАСК-70, соответствующая международному стандарту ARINC 429, включает в себя две подсистемы: информационно-предупреждающую и контрольно-поддерживающую. Первая осуществляет сбор и обработку информации, поступающей от датчиков, интегрированных в различные системы самолёта, постоянный контроль за технической исправностью этих систем и за действиями экипажа, а также преобразует весь комплекс данных в графическое изображение на дисплеях в кабине. Вторая подсистема выполняет регистрацию полетной информации на бортовом накопителе, самоконтроль и предупреждение о сбоях в работе подконтрольных бортовых систем. Диагностическая бортовая система контроля БАСК-70 связана с цифровыми каналами информационного обмена со всеми функциональными системами самолета, от которых принимает и непрерывно обрабатывает в полете до 8000 параметров, характеризующих их техническое состояние. Бортовой комплекс, включающий более 50 процессоров, автоматически собирает данные о функционировании бортовых систем, оборудования и анализирует их. Необходимые сведения поступают на дисплей лётчиков, в случае возникновения «нештатных» ситуаций на экраны будут выведены необходимые рекомендации экипажу. Дополнительные данные могут быть получены после запроса компьютеру. А после завершения полёта – информация доступна наземному персоналу для подготовки самолета к следующему вылету.

БАСК-70 выполняет следующие функции: контроль систем двигателей и функциональных систем ВС, контроль готовности к взлёту и посадке, определение массы и центровки на земле и в полёте, определение максимально допустимой взлётной массы по условиям аэродрома, определение скорости принятия решения и условий прекращения взлёта на разбеге, опре-

деление минимальной высоты ухода на 2 круг по посадочному весу и условиям посадки, контроль деятельности экипажа (выполнения предписаний РЛЭ, выполнения рекомендаций и ограничений при управлении), сбор информации об отказах, измерение и регистрация нагрузочных параметров и определение ресурса планера, регистрация наработки двигателей на различных режимах работы, регистрация наработки гидронасосов и других агрегатов ФС, накапливание информации для наземной статистической обработки.

Совместно с наземным эксплуатационным комплексом (НЭК), который является автоматизированной информационно-управляющей системой «поддержки» эксплуатации, выполненной на базе персональных ЭВМ, обеспечивает решение задач:

*а) поиск места сложных отказов*

Обработка записей эксплуатационного регистра (ЭР), введение в «экспертную» систему сведений разработчиков и эксплуатантов высокой квалификации позволяет тиражировать их рекомендации для всех эксплуатирующих АТ организаций.

*б) оценка ТС контролируемых систем*

После обработки записей ЭР перед началом ТО производится оценка состояния конкретного самолёта: уровни надёжности систем, ресурс, отработанный планером, двигателем и другими агрегатами, изменение параметров, определяющих состояние систем в межрегламентный период. По результатам этой оценки производится назначение минимально необходимого состава регламентных и контрольно-восстановительных работ.

*в) разработка технологических графиков ТО*

Система для оперативной разработки оптимальных технологических графиков выполнения ТО с наложением работ по устранению отказов. При этом учитываются располагаемые ресурсы (техсостав, запчасти, средства обслуживания) и прогнозируемое время простоя. Технологический график используется для организации ТО и при планировании рейсов.

Средства эксплуатационного контроля позволяют определить техническое состояние самолёта, функциональных систем и комплексов, как в полёте, так и при всех видах технического обслуживания.

В целом характеризуя научно-технический прогресс в области ТОиР, можно указать на следующие его признаки:

- обеспечение требуемого уровня конструктивно-эксплуатационных свойств ВС;
- формирование программы ТОиР на длительный период эксплуатации ЛА и разработка на её основе эксплуатационно-технической документации для нового типа ВС на этапах проектирования и начала постройки ЛА одновременно с решением задач обеспечения его конструктивно-эксплуатационных свойств;
- реализация прогрессивных гибких программ ТОиР, основанных на стратегии обслуживания «по состоянию», и соответствующей им эксплуатационно-технической документации;
- проведение ремонтно-восстановительных работ на планере «по состоянию» на протяжении всего периода эксплуатации самолета с совмещением таких работ с периодическими формами ТО;
- упразднение для большинства агрегатов и комплектующих изделий межремонтных ресурсов, отказ для ряда типов ВС от проведения весьма трудоёмких капитальных ремонтов;
- радикальные изменения в развитии производственной материально-технической базы эксплуатационных и ремонтных предприятий, форм организации и управления процессами ТОиР (строительство новых и реконструкция действующих ангаров, широкое внедрение в практику ТОиР современных средств технической диагностики и неразрушающего контроля, средств механизации и автоматизации производственных процессов);

- появление в структуре организаций по ТОиР блока управления надёжностью и техническим состоянием (всесторонняя проверка ЛГ ВС, оценка ТС и надёжности ФС и формирование заданий для производственного блока);
- широкое применение современных информационных технологий в обеспечении процессов сохранения ЛГ;
- техническое перевооружение производственных процессов, внедрения современных средств механизации и автоматизации, создание благоприятных условий для работы и повышения производительности труда с пересмотром ТУ на серийную наземную технику;
- развитие процессов специализации и кооперирования производства, интеграции имеющейся производственной базы АТБ и ремонтных заводов. Создание Центров по ТОиР.

Поддержание летной годности – совокупность процессов, обеспечивающих соответствие воздушного судна, двигателя, воздушного винта или составной части действующим требованиям к летной годности и поддержание в состоянии, соответствующем условиям безопасной эксплуатации, на протяжении срока их службы [1].

#### Список литературы:

1. Летная годность. Приложение 8 к Конвенции о международной организации гражданской авиации. Издание 11. Июль 2010. Международная организация гражданской авиации.
2. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Межгосударственный авиационный комитет. М. – 2015 г., 289 с.
3. Нормы летной годности гражданских самолетов СССР. Издание третье. Межведомственная комиссия по Нормам летной годности гражданских самолетов и вертолетов СССР. Москва, ЦАГИ, 1984 г., 464 с.
4. Воздушный кодекс Российской Федерации. От 19.03.1993 №60 – ФЗ,

ред. 2020.

5. Зубков Б.В., Прозоров С.Е. Безопасность полетов, учебник. - Ульяновск: УВАУГА(И), 2013. – 451 стр.

6. Государственный стандарт союза ССР. Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения. ГОСТ 27.002-89. государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. Москва, 1989.

## **СОДЕРЖАНИЕ**

Введение .....	4
1 Теоретические основы безопасности полетов. Основные составляющие безопасности полетов ВС.....	5
1.1 Летная годность .....	7
1.2 Устойчивость и управляемость.....	14
1.3 Скорость .....	18
1.4 Сертификация ВС .....	28
1.5 Сохранение (поддержание) летной годности .....	34
1.5.1 Отказы авиационной техники и их влияние на безопасность полётов .....	38
1.5.2 Организация процессов сохранения лётной годности ВС. Методы обеспечения надёжности авиационной техники .....	39
Список литературы .....	59