

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА  
(РОСАВИАЦИЯ)

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

---

Кафедра безопасности полетов и жизнедеятельности

П.М. Поляков, М.В. Кармызов, В.Д. Шаров

## БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

**Учебно-методическое пособие**  
по выполнению контрольной работы

*для студентов  
всех направлений и специальностей  
заочной формы обучения*

Москва  
ИД Академии Жуковского  
2023

УДК 351.814.2  
ББК 052-082.03  
П54

Рецензент:

*Мерзликин И.Н.* – канд. техн. наук, доцент

**Поляков П.М.**

П54

Безопасность полетов [Текст] : учебно-методическое пособие по выполнению контрольной работы / П.М. Поляков, М.В. Кармызов, В.Д. Шаров. – М.: ИД Академии Жуковского, 2023. – 36 с.

Учебно-методическое пособие содержит упражнения и задачи, составляющие содержание контрольной работы по дисциплине «Безопасность полетов» для студентов, обучающихся по всем направлениям подготовки заочной формы обучения 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 учебно-методического пособия включает материал трех разделов лекций, учитывает требования ФГОС ВПО и полностью соответствует рабочим программам дисциплины «Безопасность полетов» для направлений подготовок заочной формы обучения.

Рассмотрено и одобрено на заседаниях кафедры 08.06.2023 г. и методического совета 08.06.2023 г.

**УДК 351.814.2**  
**ББК 052-082.03**

*В авторской редакции*

Подписано в печать 04.10.2023 г.

Формат 60x84/16 Печ. л. 2,25 Усл. печ. л. 2,09

Заказ № 981/0621-УМП08 Тираж 30 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

© Московский государственный технический  
университет гражданской авиации, 2023

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Введение .....	5
Раздел 1. Классификация авиационных событий .....	5
Раздел 2. Показатели безопасности полетов .....	14
2.1. Статистические показатели безопасности полетов .....	16
2.2. Вероятностные показатели безопасности полетов .....	19
Раздел 3. Нормирование летной годности .....	22
3.1. Сравнение фактического уровня летной годности воздушных судов с нормируемым .....	22
Раздел 4. Элементы управления безопасностью полетов .....	26
4.1. Концепция авиационного происшествия по организационным причинам .....	26
Список использованных источников .....	35
Приложение 1 .....	36

## СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

- АД – авиационный двигатель
- АС – авиационное событие
- А и РЭО – авиационное и радиоэлектронное оборудование
- АТ – авиационная техника
- АТС – авиационная транспортная система
- АП – авиационное происшествие
- БП – безопасность полетов
- ВПП – взлетно-посадочная полоса
- ВС – воздушное судно
- ГСМ – горюче-смазочные материалы
- ИКАО – Международная организация гражданской авиации
- ИАС – инженерно-авиационная служба
- ПВС – повреждение ВС на земле
- ПРАПИ-98 – Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими ВС РФ 1998 года издания
- РЛЭ – Руководство по летной эксплуатации
- СУБП – система управления безопасностью полетов
- ФАВТ – Федеральное агентство воздушного транспорта
- ФОИВ – Федеральный орган исполнительной власти
- ЧП – чрезвычайное происшествие
- АТIS (*automatic terminal information service*) — служба автоматической передачи информации в районе аэродрома
- НОТАМ (*NOTice to Airmen*) — извещение лётному составу, рассылаемое средствами электросвязи и содержащее информацию о введении в действие, состоянии или изменении любого аэронавигационного оборудования, обслуживания и правил, или информацию об опасности, имеющую важное значение для персонала, связанного с выполнением полётов

## **ВВЕДЕНИЕ**

Выполнение Контрольной работы является одним из этапов изучения учебной дисциплины "Безопасность полетов". Цель выполнения Контрольной работы по заочной форме обучения – закрепление навыков проведения инженерного анализа, углубление и обобщение теоретических знаний, полученных студентами в процессе обучения, а также творческое их применение при решении конкретных инженерных задач по оценке и повышению уровня безопасности полетов при эксплуатации ВС.

Прежде чем приступать к выполнению Контрольной работы, следует изучить соответствующие разделы учебной дисциплины, а также внимательно изучить настоящие методические указания к практическим заданиям.

Упражнения и задачи Контрольной работы выполняются индивидуально по вариантам, выбранным по последней цифре зачетной книжки.

## **РАЗДЕЛ 1. КЛАССИФИКАЦИЯ АВИАЦИОННЫХ СОБЫТИЙ**

Классификация АС выполняется в целях расследования, анализа и статистических исследований безопасности полетов. Классификация заключается в отнесении изучаемого АС к одному из видов событий по тяжести наступивших последствий.

В соответствии с ПРАПИ-98, АС подразделяются на:

- авиационные происшествия;
- авиационные инциденты (серьезные авиационные инциденты);
- производственные происшествия.

Авиационные происшествия в зависимости от их последствий подразделяются на:

- авиационные происшествия с человеческими жертвами (катастрофы);
- авиационные происшествия без человеческих жертв (аварии).

Производственные происшествия подразделяются на:

- повреждения ВС;

- чрезвычайные происшествия.

**Авиационное происшествие** - событие, связанное с использованием ВС, которое имеет место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полет, до момента, когда все лица, находившиеся на борту с целью совершения полета, покинули ВС, и в ходе которого:

а) какое-либо лицо получает телесное повреждение со смертельным исходом в результате нахождения в данном ВС, за исключением тех случаев, когда телесные повреждения получены вследствие естественных причин, нанесены самому себе либо нанесены другими лицами, или когда телесные повреждения нанесены безбилетным пассажирам, скрывающимся вне зон, куда обычно открыт доступ пассажирам и членам экипажа;

Примечание. Только в целях единообразия статистических данных телесное повреждение, в результате которого в течение 30 дней с момента происшествия наступила смерть, классифицируется как телесное повреждение со смертельным исходом.

б) ВС получает повреждение или происходит разрушение его конструкции, в результате чего:

- нарушается прочность конструкции, ухудшаются технические или летные характеристики ВС;

- требуется крупный ремонт или замена поврежденного элемента, за исключением: случаев отказа или повреждения двигателя, когда поврежден только сам двигатель, его капоты или вспомогательные агрегаты, или повреждены только воздушные винты, несилловые элементы планера, обтекатели, законцовки крыла, антенны, пневматики, тормозные устройства или другие элементы, если эти повреждения не нарушают общей прочности конструкции, или в обшивке имеются небольшие вмятины или пробоины; поврежденных элементов несущих и рулевых винтов, втулки несущего или рулевого винта, трансмиссии, повреждений вентиляторной установки или редуктора, если эти случаи не привели к повреждениям или разрушениям силовых эле-

ментов фюзеляжа (балок); повреждений обшивки фюзеляжа (балок) без повреждения силовых элементов;

в) ВС пропадает без вести или оказывается в таком месте, где доступ к нему абсолютно невозможен.

*Примечание.* ВС считается пропавшим без вести, когда были прекращены его официальные поиски и не было установлено местонахождение ВС или его обломков. Решение о прекращении поиска гражданского ВС, потерпевшего бедствие, принимает ФАВТ России.

**Авиационное происшествие с человеческими жертвами (катастрофа)** - авиационное происшествие, приведшее к гибели или пропаже без вести кого-либо из пассажиров или членов экипажа.

К катастрофам относятся также случаи гибели кого-либо из лиц, находившихся на борту, в процессе их аварийной эвакуации из ВС.

**Авиационное происшествие без человеческих жертв (авария)** - авиационное происшествие, не повлекшее за собой человеческих жертв или пропажи без вести кого-либо из пассажиров или членов экипажа.

**Авиационный инцидент** – событие\*, связанное с использованием ВС, которое имело место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полет, до момента, когда все лица, находившиеся на борту с целью полета, покинули ВС, и обусловленное отклонениями от нормального функционирования ВС, экипажа, служб управления и обеспечения полетов, воздействием внешней среды, могущее оказать влияние на безопасность полета, но не закончившееся авиационным происшествием.

**Серьезный авиационный инцидент** - авиационный инцидент, обстоятельства которого указывают на то, что едва не имело место авиационное происшествие.

---

\* Перечень событий, подлежащих расследованию в эксплуатации в качестве инцидентов, приведен в Приложении 1 к ПРАПИ-98.

Для серьезных авиационных инцидентов характерны следующие признаки:

- выход ВС за пределы ожидаемых условий эксплуатации;
- возникновение значительных вредных воздействий на экипаж или пассажиров (дыма, паров едких веществ, токсичных газов, повышенной или пониженной температуры, давления и т.п.);
- значительное снижение работоспособности членов экипажа;
- значительное повышение психофизиологической нагрузки на экипаж;
- получение серьезных телесных повреждений каким-либо лицом, находящимся на ВС;
- значительное ухудшение характеристик устойчивости и управляемости, летных или прочностных характеристик;
- возникновение реальной возможности повреждения жизненно важных элементов ВС в результате взрыва, пожара, нелокализованного разрушения двигателя, трансмиссии и т.п.;
- разрушение или рассоединение элементов управления;
- повреждение элементов ВС, не относящееся к авиационному происшествию.

**Повреждение воздушного судна на земле** - событие, связанное с обслуживанием, хранением и транспортировкой ВС, при котором судну причинены повреждения, не нарушающие его силовые элементы и не ухудшающие летно-технические характеристики, устранение которых возможно в эксплуатационных условиях.

**Чрезвычайное происшествие** - событие, связанное с эксплуатацией ВС, но не относящееся к авиационному происшествию, при котором наступило одно из следующих последствий:

- гибель кого-либо из находившихся на борту ВС в результате умышленных или неосторожных действий самого пострадавшего или других лиц, не связанная с функционированием ВС;

- гибель какого-либо лица, самовольно проникшего на ВС и скрывавшегося вне зон, куда открыт доступ пассажирам и членам экипажа;
- гибель членов экипажа или пассажиров в результате неблагоприятных воздействий внешней среды после вынужденной посадки ВС вне аэродрома;
- гибель или телесные повреждения со смертельным исходом любого лица, находящегося вне ВС, в результате непосредственного контакта с воздушным судном, его элементами или газо-воздушной струей силовой установки;
- разрушение или повреждение ВС на земле, повлекшее нарушение прочности его конструкции или ухудшение летно-технических характеристик в результате стихийного бедствия или нарушения технологии обслуживания, правил хранения или транспортировки;
- угон ВС, находящегося на земле или в полете, или захват такого судна в целях угона.

Классификация АС показана на рис.1.

**Упражнение 1. Классифицируйте авиационные события и обоснуйте отнесение события к одному из видов. (Возможны примеры событий, не подлежащих классификации)**

**Вариант 0.**

1. В октябре 2001 года самолет Ту-154М авиакомпании «Сибирь» при выполнении полета над акваторией Черного моря был сбит ракетой украинской ПВО. Все находившиеся на борту погибли.

2. В июне 2012 года самолет Ан-2 авиакомпании «Авиа-Зов», после взлета из аэропорта г. Серов Свердловской области пропал без вести. Поиски самолета в октябре того же года были официально прекращены. В мае 2013 года обломки самолета случайно обнаружены в 10 километрах от аэропорта.

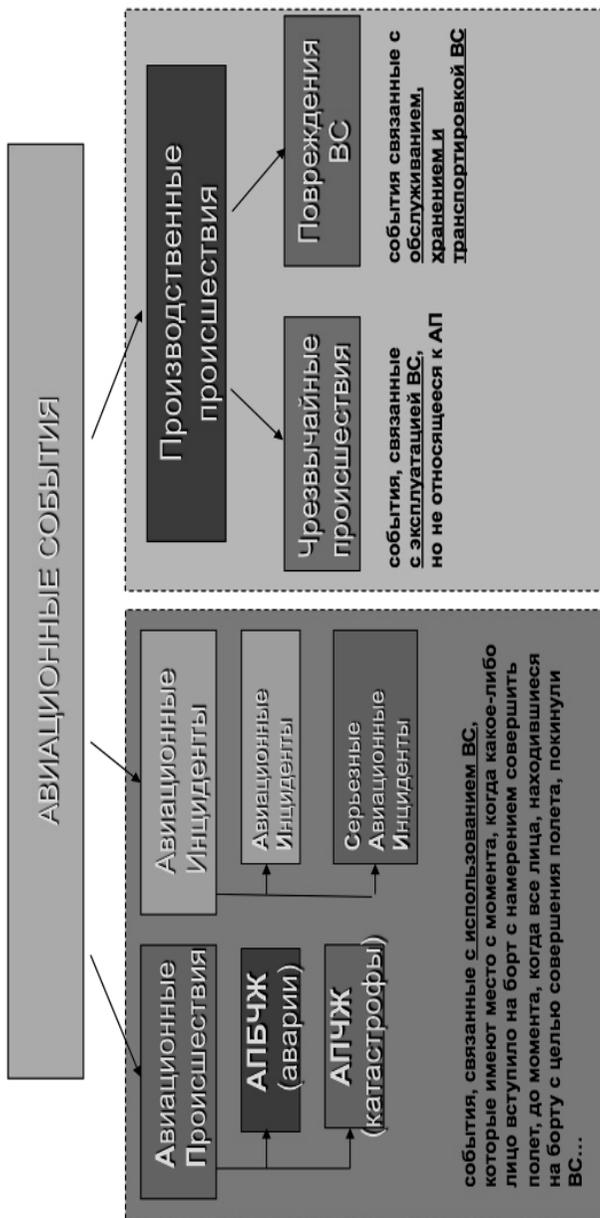


Рис. 1 Классификация АС.

3. В сентябре 2010 года на самолете Ту-154М авиакомпании «АЛРОСА» в полете отказали электросистема и пилотажно-навигационный комплекс. Экипаж произвел вынужденную посадку на ближайшем (!) аэродроме. Им оказался заброшенный аэродром Ижма. Самолет выкатился за пределы ВПП (короткая для Ту-154) и получил повреждения, не (!) повлекшие за собой нарушение прочности конструкции и летных характеристик. Никто из находившихся на борту не пострадал.

### **Вариант 1.**

1. На этапе аварийной эвакуации из ВС кто-либо из находившихся на его борту получает телесные повреждения, повлекшие смерть.

2. Инженер по А и РЭО ИАС Шереметьево в ночную смену, не имея допуска к обслуживанию силовых установок, решает помочь экипажу ВС В-737 Казахской авиакомпании. В процессе контрольной гонки двигателя попадает в газо-воздушный тракт двигателя и получает травмы не совместимые с жизнью.

3. В феврале 2019 года в аэропорту Внуково, при уходе на второй круг самолета В-737, произошло касание ВПП хвостовой частью фюзеляжа;

### **Вариант 2.**

1. В июне 2014 года при ТО ВС Ил-96-300 ПАО «Аэрофлот», находившемся на хранении, возник пожар. В результате самолет получил повреждения, повлекшие за собой нарушение прочности конструкции и летно-технических характеристик.

2. На рулении самолет В-737 задел стоящий на стоянке А-320. Оба самолета получили повреждения, не повлекшие за собой нарушение прочности конструкции и летно-технических характеристик;

3. В августе 2019 года в районе аэропорта Раменское при взлете самолета А-321 авиакомпании «Уральские авиалинии» произошло его столкновение со стаей птиц. Экипаж произвел вынужденную посадку вне аэродрома на землю с убраным шасси. Самолет получил повреждения, повлекшие за собой нарушение прочности конструкции и летно-технических характеристик.

### **Вариант 3.**

1. В июле 2019 года, в процессе разбега самолета В-737, началось поступление серого дыма в пассажирский салон из-за попадания в газо-воздушный тракт левого двигателя и систему отбора воздуха моющего химического раствора при выполнении плановой мойки с нарушениями требований руководства по технической эксплуатации. После прерванного взлета и освобождения ВПП, экипаж дал команду на проведение аварийной эвакуации.

2. Подросток, сбежавший из интерната, решил улететь в другой город. Пробрался в аэропорт, незаметно спрятавшись в нише основной опоры шасси ВС Ан-24. В результате, во время полета, получил телесные повреждения, повлекшие смерть.

3. ВС в полете вышло за пределы ограничений по перегрузке. Посадка выполнена благополучно. При выполнении специального ТО выявлена деформация конструкции, требующая проведение капитального ремонта.

### **Вариант 4.**

1. Под воздействием шквалистого ветра самолет без пассажиров и экипажа на борту, сдвинувшись со стоянки и врезавшись в мачту освещения, получил повреждения, повлекшие за собой нарушение прочности конструкции и летно-технических характеристик.

2. В ноябре 2018 года на ИВПП произошло столкновение взлетающего самолета В-737 авиакомпании ПАО «Аэрофлот» с посторонним лицом, оказавшимся на летном поле аэродрома, который в результате данного столкновения погиб.

3. В процессе буксировки ВС (на борту никого нет для совершения полета) задевает консолью крыла мачту освещения. Самолет получает повреждения, не (!) повлекшие за собой нарушения прочности конструкции и летных качеств.

### **Вариант 5.**

1. Самолет совершил вынужденную посадку вне аэродрома на землю в отдаленной местности. Пассажиры благополучно эвакуированы из самолета,

но в процессе ожидания дальнейшей эвакуации кто-то из пассажиров под воздействием погодных условий погибает (например, замерзает).

2. По результатам расшифровки средств объективного контроля выявлено превышение скорости уборки механизации выше допустимого значения. Узлы навески механизации крыла подлежат замене.

3. При выполнении крейсерского полета ВС отмечено убывание гидравлической жидкости в гидросистеме. На послеполетном осмотре обнаружена незакрытая крышка гидробака.

#### **Вариант 6.**

1. В октябре 2015 года в результате террористического акта произошел взрыв в багажном отсеке самолета А-321 авиакомпании «Когалымавиа», выполнявшего рейс 9268 (Шарм-аль-Шейх – Санкт-Петербург). Все находившиеся на борту погибли.

2. В процессе выполнения буксировки после посадки ВС В-737 произошел боковой порез колеса основной опоры шасси. Колесо подлежит замене.

3. Экипаж ВС не остановил его на предварительном старте и без разрешения диспетчера вырулил на исполнительный старт. В результате по команде диспетчера другое ВС выполнило уход на второй круг.

#### **Вариант 7.**

1. За 45 минут до посадки потерял сознание и скончался бортмеханик самолета Ан-24. Посадка совершена благополучно.

2. В августе 2014 года в районе населенного пункта Бентю (Южный Судан) незаконными вооруженными формированиями был сбит вертолет МИ-8МТВ авиакомпании «ЮТЭЙР». ВС разрушено, сгорело, экипаж за исключением второго пилота погиб.

3. При выполнении работ по периодической форме С - Чек на самолете В-737 произошло раскрытие створок реверса при выпущенных закрылках. В результате ВС получило повреждения не (!) повлекшие за собой нарушения прочности конструкции и не требующие капитального ремонта.

### **Вариант 8.**

1. Экипаж самолета Л-410 при заходе на посадку, закончив работу с диспетчером «Круга», на частоту диспетчера «Старта» из-за собственной ошибки не вышел. Наблюдая на исполнительном старте ВПП самолет (А-320) экипаж Л-410 на второй круг не уходит, перелетает самолет на исполнительном старте и приземляется на расстоянии 1000 м. от торца ВПП. Трагических последствий событие за собой не повлекло.

2. В процессе выполнения послеполетного осмотра в нише шасси обнаружены оставленные посторонние предметы (ветоши и банка со смазкой).

3. Вертолет совершает вынужденную посадку на площадку, выбранную с воздуха в труднодоступном месте. Все находившиеся на борту эвакуированы. Эвакуация ВС не целесообразно.

### **Вариант 9.**

1. Во время грозы над аэродромом произошло попадание молнии в стоящий на стоянке ВС. Поврежден носовой обтекатель. Прочность конструкции не нарушена.

2. При послеполетном осмотре ВС обнаружено повреждение фюзеляжа тросом заземления, неубранным механиком по завершению подготовки к вылету. Самолет получил повреждения, не (!) повлекшие за собой нарушения прочности конструкции. Однако, в полете возможность заклинивания руля высоты не исключалась.

3. Пассажир, получивший телесные повреждения в полете, при попадании ВС в сложное пространственное положение и выходе из него, на 25-е сутки от полученных травм скончался.

## **РАЗДЕЛ 2. ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ**

Для количественной оценки уровня безопасности полетов и выявления ее зависимости от свойств авиационной транспортной системы используются

специальные показатели (критерии). В настоящее время в авиационной практике и исследованиях (анализах) безопасности полетов применяют два типа показателей – статистические и вероятностные.

Статистические показатели являются количественными характеристиками безопасности и выражаются числами, получаемыми в результате обработки статистических данных по авиационным событиям.

Вероятностные показатели вычисляют аналитическим путем, используя методы теории вероятности.

Статистические и вероятностные показатели БП взаимосвязаны и могут быть пересчитаны из одного вида в другой (с помощью формулы Пуассоновского распределения случайных величин).

Статистические и вероятностные показатели разделяют на общие и частные, абсолютные и относительные (рис.2).

Абсолютные показатели характеризуют негативные последствия авиационных событий, однако они не позволяют оценить уровень БП, так как их величина зависят от количественного и качественного состава парка ВС, суммарного налета и т.д. Поэтому по абсолютным показателям нельзя сравнить уровни БП различных типов ВС, авиапредприятий. Относительные показатели характеризуют уровень БП, т.к. учитывают не только количество авиационных событий, но и налет ВС, количество выполненных полетов, перевезенных пассажиров.

Общие показатели учитывают интегральное влияние на БП всех факторов, а частные – влияние только отдельных факторов или групп однородных факторов.

Показатели БП могут вычисляться за анализируемые периоды (календарный месяц, квартал, год,) или как кумулятивные (суммарные по накоплению за несколько периодов). Кумулятивные показатели являются более достоверными в статистическом смысле и менее подвержены случайным колебаниям по сравнению с годовыми показателями.

## 2.1 СТАТИСТИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

### Общие абсолютные статистические показатели.

К ним относят: абсолютное число авиационных происшествий  $n_{АП}$ , катастроф  $n_k$ , инцидентов  $n_{и}$ , число погибших в АП членов экипажей и пассажиров  $m$ , материальный ущерб от АП.

### Общие относительные статистические показатели.

Для оценки уровня безопасности полетов используют количество АП, аварий или катастроф, приходящееся на 100 тыс. часов налета или на 1 млн полетов; число погибших, приходящееся на 1 млн. пассажиро-километров и на 1 млн перевезенных пассажиров.

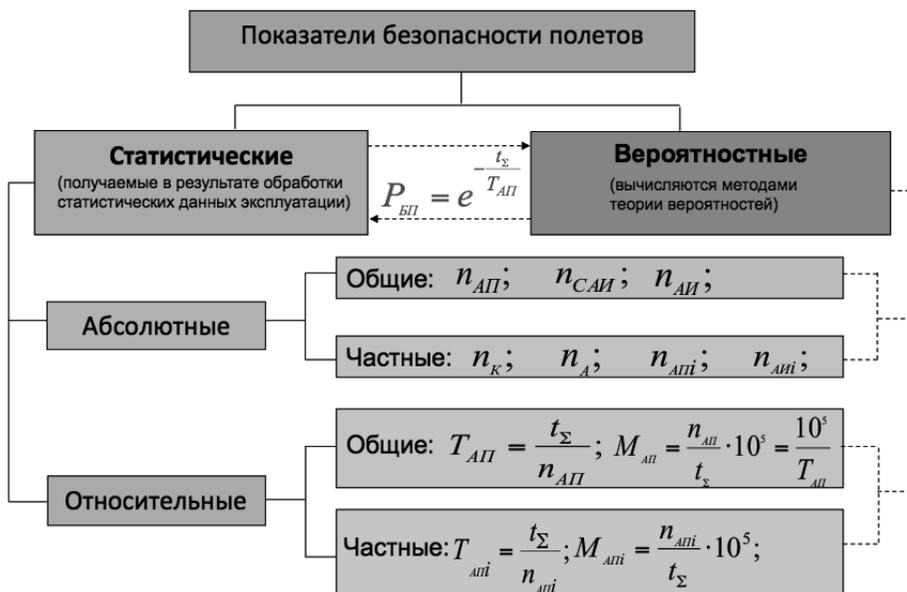


Рис. 2. Виды показателей безопасности полетов

На уровне авиакомпании применяются такие показатели, как количество авиационных инцидентов, приходящееся на 1 тыс. часов налета или на 1 тыс. полетов ( $K_{1000}$ ).

Могут использоваться и другие типы относительных показателей,

например:

– средний налет на одно событие рассматриваемой тяжести  $T_i$ , на одно авиационное происшествие  $T_{АП}$ , на одну катастрофу  $T_k$ , на один инцидент  $T_n$ ;

– среднее число событий рассматриваемой тяжести  $N_i$ , приходящееся на  $10^5$  часов полета.

Вычисление этих показателей производится по очевидным соотношениям:

$$T_{АП} = \frac{t_{\Sigma}}{n_{АП}}; \quad N_{АП} = \frac{n_{АП}}{t_{\Sigma}} \cdot 10^5 = \frac{10^5}{T_{АП}}, \quad (1)$$

где  $t_{\Sigma}$  – суммарный налет в часах за анализируемый период.

### **Частные статистические показатели.**

Общие статистические показатели имеют интегральный характер и в силу этого не позволяют выявить влияние на уровень БП отдельных факторов. Эта задача в определенной мере решается при использовании частных показателей. Как и общие показатели, они могут быть абсолютными и относительными.

К абсолютным частным показателям относят  $n_i$ ,  $n_j$ ,  $n_{АП}$  – количество событий (аварий, катастроф, АП вообще), соответственно вызванных  $i$ -й причиной (фактором),  $j$ -й группой причин (факторов), происшедших на  $v$ -м этапе полета.

К относительным частным показателям относят относительные количества событий, происшедших по указанным выше причинам:

$$\bar{n}_i = \frac{n_i}{n}; \quad \bar{n}_j = \frac{n_j}{n}; \quad \bar{n}_{АП} = \frac{n_{АП}}{n}, \quad (2)$$

где  $n$  – общее количество событий по всем причинам (этапам полета);

$T_j$  – средний налет на одно событие, происшедшее по  $j$ -й группе причин (факторов),

$$T_j = \frac{t_{\Sigma}}{n_j} \quad (3)$$

Статистические показатели вычисляются по реальным данным эксплуатации, их главное достоинство - объективность. Однако статистические показатели имеют ряд недостатков, сужающих область их практического использования. К ним можно отнести:

- оценку уровня БП по статистическим показателям производят только после того, когда АС произошли;
- статистические показатели невозможно применить для прогноза уровня БП при изменении условий эксплуатации;
- по статистическим показателям невозможно дать оценку эффективности различных организационных и технических мероприятий, направленных на повышение БП, еще до их практической реализации;
- по статистическим показателям невозможно выявить влияние на уровень БП какого-либо конструктивного или аэродинамического параметра ВС, провести оптимизацию уровня БП с учетом стоимости и эффективности.

Фактически, при оценке состояния безопасности полетов мы обычно располагаем и оперируем ограниченным числом АС. Иногда это делает невозможным применение вероятностных методов расчета показателей безопасности полетов. Вместе с тем существуют методы, позволяющие оценить достоверность результатов расчета показателей БП. Такими методами являются методы математической статистики.

### **Задача 1. Расчет статистических показателей безопасности полетов.**

В процессе решения задачи необходимо произвести по известным данным расчеты относительных статистических показателей безопасности полетов по следующим формулам:

1.  $T_{ин}$  - средний налет на один инцидент:

$$T_{ин} = \frac{\sum_i^k t_i}{n_{ин}} = \frac{T_{общ}}{n_{ин}} \quad (4)$$

2.  $N_{ин}$  - среднее количество полетов, приходящихся на один инцидент:

$$N_{ин} = \frac{N_{общ}}{n_{ин}} \quad (5)$$

Для расчета показателей потребуются следующие исходные данные (табл. 2):

$k$ - количество ВС данного типа;

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

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

$t_{п}$  - продолжительность одного полета, ч.;

$N_{общ}$  - общее количество полетов парка ВС в рассматриваемом периоде,

$T_{общ}$  - общий налет парка ВС за рассматриваемый период, ч.;

$n_{ин}$  - количество инцидентов за рассматриваемый период эксплуатации.

Необходимо обратить внимание, что для вычисления значений среднего налета на одно авиационное событие следует использовать аналогичные выражения.

## 2.2. ВЕРОЯТНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

После определения статистических показателей безопасности полетов определяем вероятностные. Обычно в качестве вероятностных показателей БП на уровне авиакомпании рассматриваются два показателя:

а) вероятность того, что не произойдет инцидент в одном полете (вероятность безопасного завершения полета  $P_{БП}$ );

б) вероятность того, что при выполнении определенного числа полетов (или за определенный налет) не произойдет ни одного инцидента  $P_{0ин}$ .

Оценка показателя а) выполняется:

- при известном общем количестве выполненных полетов и инцидентов на основе расчетной частоты инцидентов:

$$P_{\text{БП}} = 1 - Q_{\text{ИН}} = 1 - \frac{n_{\text{ИН}}}{N}, \quad (6)$$

где  $Q_{\text{ИН}}$  - частота как оценка вероятности инцидента в одном полете;

$n_{\text{ИН}}$  – количество произошедших инцидентов,

$N$  – количество выполненных полетов;

- при известном общем налете, количестве произошедших инцидентов и средней продолжительности полета:

$$P_{\text{БП}} = 1 - \frac{t_{\text{пол}} n_{\text{ИН}}}{t_{\Sigma}} \quad (7)$$

где  $t_{\text{пол}}$  – средняя продолжительность полета,

$t_{\Sigma}$  – общий налет, за который произошло  $n_{\text{ИН}}$ ,

Оценка показателя б) выполняется из предположения, что вероятности количества инцидентов на любом временном интервале распределены по закону Пуассона. Тогда для расчета вероятности того, что за определенный временной интервал (или при выполнении определенного числа полетов) произойдет ровно расчетное количество инцидентов  $n_{\text{ин-р}}$  применима формула:

$$P_{n_{\text{ин-р}}} = \frac{a^{n_{\text{ин-р}}}}{n_{\text{ин-р}}!} e^{-a}, \quad (8)$$

где  $a$  - параметр распределения Пуассона (математическое ожидание, для этого распределения численно равно дисперсии);

$n_{\text{ин-р}}$  – расчетное количество инцидентов.

В качестве оценки параметра  $a$  может быть принято зафиксированное число фактически произошедших инцидентов за рассматриваемый временной интервал (или при выполнении данного числа полетов), т.е.  $a = n_{\text{ИН}}$ .

Применяя формулу (8) получим вероятность того, что за рассматриваемый временной интервал (или при выполнении данного числа полетов) не произойдет ни одного инцидента ( $n_{\text{ин-р}}=0$ ) как:

$$P_0 = e^{-n_{\text{ИН}}}. \quad (9)$$

Если количество произошедших инцидентов неизвестно, но известен

налет на один инцидент  $T_{ин}$ , то из той же формулы (8) легко получить вероятность того, что за налет  $t$  не произойдет ни одного инцидента:

$$P_0 = e^{-\frac{t}{T_{ин}}} \quad (10)$$

### Расчет доверительных интервалов вероятностных показателей безопасности полетов.

Распределение оценки случайной величины  $a$  для распределения Пуассона оказывается тесно связанным с  $\chi^2$  распределением. Это обстоятельство позволяет выразить доверительный интервал для оценки  $a$  и, следовательно, для величины  $n_{ин}$  через значения  $\chi^2$ .

Математическая статистика дает для этого случая соотношение:

$$\frac{1}{2} \chi^2_{\frac{1-\beta}{2}}(f_1) \leq n_{ин} \leq \frac{1}{2} \chi^2_{\frac{1-\beta}{2}}(f_2) \quad (11)$$

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

Таблица 1

Распределение квантилей

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

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

$$\chi_{0,975^2}(f_1) = \frac{1}{2}(\sqrt{2f_1} - 1,96)^2, \chi_{0,025^2}(f_1) = \frac{1}{2}(\sqrt{2f_2} + 1,96)^2 \quad (12)$$

При известных границах  $n_{ин1}$  и  $n_{ин2}$ , используя формулу (6), можно определить доверительные границы для вероятности того, что в одном полете

не произойдет авиационный инцидент:

$$P_{\text{БП1}} = 1 - \frac{n_{\text{ин1}}}{N}; P_{\text{БП2}} = 1 - \frac{n_{\text{ин2}}}{N}.$$

Используя формулу (9), определяем доверительные границы для вероятности того, что в  $N$  полетах не произойдет ни одного инцидента:

$$P_{01} = e^{-n_{\text{ин1}}}; P_{02} = e^{-n_{\text{ин2}}}.$$

По формулам (7) и (10) можно рассчитать границы доверительных вероятностей отсутствия инцидента при полете определенной продолжительности и отсутствия инцидентов при заданном налете соответственно.

Такой же подход может быть применен при определении доверительных границ для вероятностей отсутствия инцидента или опасного отказа в одном полете, для вероятности отсутствия отказов при выполнении определенного количества полетов или при заданном налете.

**Задача 2.** Применяя описанный выше подход, выполнить оценку доверительных интервалов показателей безопасности полетов  $P_{\text{БП}}$  и  $P_0$  с использованием исходных данных табл. 2.

## РАЗДЕЛ 3. НОРМИРОВАНИЕ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ

### 3.1 СРАВНЕНИЕ ФАКТИЧЕСКОГО УРОВНЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ С НОРМИРУЕМЫМ

Основным элементом авиационной транспортной системы является ВС. Поэтому применительно к ВС уместно применять термин «летная годность» как состояние ... при котором оно соответствуют типовой конструкции и способно обеспечивать их безопасную эксплуатацию [ВК РФ, ст.35].

В Нормях летной годности (АП-25) приведены значения вероятностей возникновения в полете особых ситуаций для нормирования уровня летной годности.

В частности, вероятность возникновения катастрофической ситуации, как следствия отказных состояний не должна превышать значения  $10^{-9}$  на

один час полета. Вероятность возникновения аварийной ситуации, как следствия отказных состояний, для самолета в целом не должна превышать значения  $10^{-6}$  на один час полета, в ожидаемых условиях эксплуатации при действиях экипажа в соответствии с РЛЭ. Для сложной ситуации нормируемое значение вероятности ее возникновения составляет величину  $10^{-4}$ . Вероятность возникновения усложнения условий полета не нормируется, однако эта особая ситуация принимается событием не более частым, чем умеренно вероятным ( $10^{-3}$ ).

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

Если справедливо предположение о пуассоновском распределении числа ОС, то решение задачи сводится к статистическому сравнению оценочного значения параметра распределения с нормируемым. Предположим, что уровень летной годности для самолета нормируется средним налетом на час эксплуатации за суммарное время полета зафиксировано особых ситуаций. Тогда оценочный параметр распределения  $a^* = n_{OC}$ . Нормируемое значение этого параметра:  $a_n = \frac{t_{\Sigma}}{T_{OCn}}$ , где  $T_{OCn}$  - нормируемый средний налет на одну ОС.

При сравнении  $a$  и  $a_n$  проверяется нулевая гипотеза  $a = a_n$  при одной из трех альтернативных гипотез:

$$a^* > a_n (T_{OC} < T_{OCn}); a^* < a_n (T_{OC} > T_{OCn}); a^* \neq a_n (T_{OC} \neq T_{OCn}).$$

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

$$a_n < 1/2 \chi_{1-\alpha}^2(f_1), f_1 = 2n_{OC} \quad (17)$$

Таблица 2.

## Исходные данные

Вариант	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Тип ВС	A319/320/321	A-330	B-737	B-777	RRJ-95	Ту-204/214	Ил-76	Ан-24/ 26	Л-410	ATR 42/72
Количество самолетов в парке	256	24	197	32	33	27	44	113	42	20
Средний налет на 1 самолет в год	1600	5000	3400	4600	1500	1450	1650	1350	1300	1550
Средняя продолжительность полета	2ч 36 мин	7ч 42 мин	4ч 10 мин	7ч 40 мин	1ч 54 мин	5ч 30 мин	6ч 20 мин	1ч 50 мин	40 мин	2ч 10 мин
Количество инцидентов, всего	57	9	100	5	32	4	4	16	11	12
Конструкция планера	-	-	-	-	-	-	1	2	-	-
Шасси	16	4	19	1	5	1	1	6	3	4
Силовая установка	6	1	12	1	10	2	2	3	4	2
Двери и люки	-	-	-	-	2	1	-	1	-	-
СКВ, САРД	-	-	15	2	6	-	-	-	-	1
Гидросистема	15	2	-	1	-	-	-	-	2	1
Управление самолетом	7	2	23	-	-	-	-	-	1	-
Прочие системы	13	-	31	-	9	-	-	4	1	2
Количество сложных ситуаций, обусловленных отказами в системах	10	2	17	1	5	1	1	3	2	2

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

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

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

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

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

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

Пример: нормируемое значение вероятности возникновения сложной ситуации –  $10^{-4}$  на час полета. Следовательно, средний налет на одну сложную ситуацию равен 10000 часов. За суммарный налет парка данного типа самолетов за пятилетний период произошло 112 сложных ситуаций. Таким образом, фактический налет на одну сложную ситуацию составил  $T_{CC} = \frac{T_{об}}{n} = \frac{2700000}{112} = 24107$  часов. Требуется сделать заключение о соответствии фактического уровня летной годности нормируемому на уровне значимости  $\alpha = 0,05$

В качестве альтернативной можно принять гипотезу:  $a > a_n(T_{CC} < T_{CCn})$ .  
Вычисляем нормируемое значение параметра:

$$a_n = \frac{2700000}{10000} = 270 .$$

По таблице П. 1 –определяем  $\chi^2_{0,95}(224) = 184,44$  или  $1/2 \chi^2_{0,95}(224) = 92,22$ . Так как в данном случае  $270 > 92$ , то  $a_n > 1/2\chi^2_{0,95}(224)$ , то по критерию (10) можно принять гипотезу о соответствии фактического уровня летной годности нормируемому.

**Задача 4. Сравнение фактического уровня летной годности ВС с нормируемым.**

Используя исходные данные по количеству сложных ситуаций из таблицы 2, в соответствии с вариантом, провести сравнение фактического уровня летной годности с нормируемым значением.

## РАЗДЕЛ 4. ЭЛЕМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ

### 4.1. КОНЦЕПЦИИ ПРОИСШЕСТВИЯ ПО ОРГАНИЗАЦИОННЫМ ПРИЧИНАМ

Модель швейцарского сыра, предложенная проф. Джеймсом Ризоном, приведенная на рис.2, наглядно показывает, что авиационные происшествия (АП) предполагают последовательное нарушение многоуровневой системы защиты.

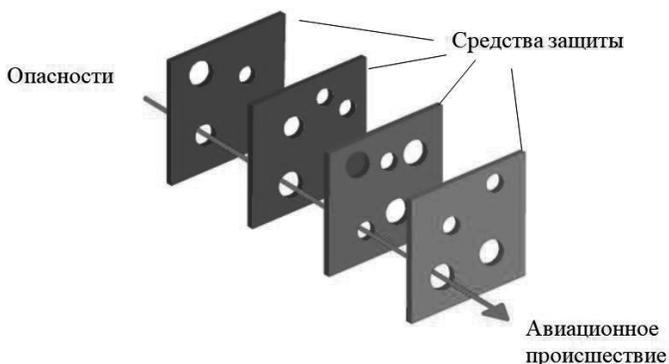


Рис. 2 Модель развития АП – модель «швейцарского сыра» Джеймса Ризона.

Согласно этой модели для того, чтобы произошло АП, требуется воздействие одновременно ряда содействующих факторов, каждый из которых значим, но сам по себе недостаточен для нарушения защиты системы. Поскольку такие комплексные системы, как авиация, имеют чрезвычайно хорошую защиту из нескольких уровней, внутренние, единичные отказы редко имеют серьезные последствия.

Отказы оборудования или эксплуатационные ошибки никогда не являются причиной нарушения защиты безопасности, а скорее служат пусковыми факторами. Нарушение защиты безопасности представляет собой следствие решений, принимаемых на высших уровнях системы, которые не проявляются до тех пор, пока их воздействие или разрушающий потенциал не будет инициирован конкретным стечением эксплуатационных обстоятельств.

Дальнейшее развитие эта модель получила в виде концепции АП по организационным причинам (рис. 3).

Схема содержит следующие элементы.

#### **Активные отказы.**

Это действие или бездействие, включая ошибки и нарушения, которые оказывают прямое негативное воздействие и, как правило, ассоциируются с непосредственными исполнителями (пилотами, диспетчерами УВД, авиационными инженерами-механиками и т. д.) и могут привести к тяжелым последствиям. Активные отказы обладают потенциалом проникновения через средства защиты авиационной системы, предусмотренные организацией, регламентирующими органами и т. д., могут являться следствием обычных ошибок или результатом отклонений от предписанных процедур и практики.

#### **Условия на рабочем месте.**

Достаточно часто активные отказы связаны с условиями, в которых трудится работник.

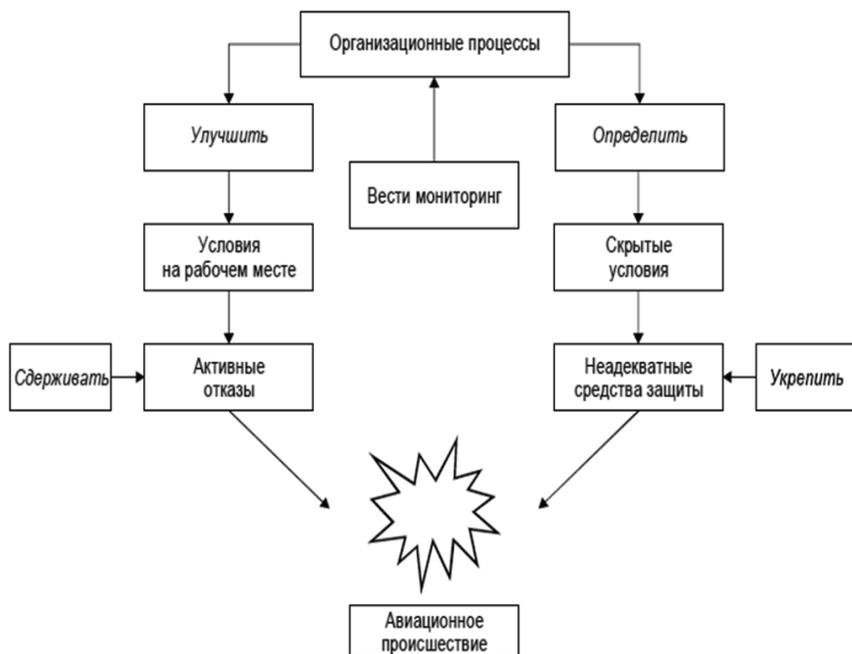


Рис. 3 Схема авиационного происшествия по организационным причинам

К ним относятся фактические физические условия труда (освещение, отопление, кондиционирование), метеоусловия, воздействие внешних вредных и опасных факторов окружающей среды, эргономические недостатки оборудования, просчеты при планировании и организации работ, а также квалификация, моральное состояние работников, уровень доверия руководству и т.д. Очевидно, что условия на рабочем месте во многом зависят от организационных процессов на различном уровне. В модели Ризона признается, что в любом эксплуатационном процессе присутствует много порождающих ошибки или нарушения условий, которые могут повлиять на индивидуальную или коллективную деятельность.

## **Скрытые (латентные) условия**

Скрытые условия представляют собой условия, присутствующие в системе задолго до проявления вредного воздействия, которые приводятся в действие пусковыми факторами. Последствия скрытых условий могут не проявляться в течение длительного времени. По отдельности такие скрытые условия обычно не считаются вредными, поскольку изначально они не рассматриваются как опасности.

Скрытые условия проявляются после нарушения средств защиты системы. Такие условия обычно создают люди, которые сами весьма далеки во времени и пространстве от этого события. Эксплуатационный персонал "переднего края" наследует скрытые условия в системе, например, условия, создаваемые недостатками конструкции оборудования или постановкой задачи, конфликтными задачами, недостатками в организации (например, недостаточный внутренний обмен информацией) или управленческими решениями (например, перенос определенного вида работ по техническому обслуживанию).

Даже в наиболее эффективно управляемых организациях большинство скрытых условий порождаются лицами, ответственными за принятие решений. Эти лица подвержены обычным человеческим предрассудкам и недостаткам, а также воздействию реальных ограничений, например, по времени, бюджету и т. д.

## **Неадекватные средства защиты**

Для того, чтобы АП произошло, необходимо чтобы были «сломаны» основные средства защиты. Низкая надежность резервного или аварийно-спасательного оборудования, сигнализации и оповещения, противоречия в нормативных документах по действиям в особой ситуации могут снизить эффективность бортовых и наземных систем обеспечения безопасности. Решения линейного руководства могут привести к недостаточной подготовке, противоречиям в графиках работы или к использованию неправильных эксплуатацион-

ных правил. Соответственно, имеющиеся средства защиты (барьеры безопасности) как технические, так и технологические, организационные не работают или оказываются недостаточно эффективными в конкретных эксплуатационных условиях.

Решения, принимаемые руководством компаний и регламентирующими органами, слишком часто являются следствием недостаточных располагаемых ресурсов. Однако экономия средств на повышении безопасности системы на начальном этапе может способствовать созданию предпосылок для происшествия по организационным причинам.

На схеме рис. 3 также обозначены группы мероприятий, которые должны воздействовать на элементы развития АП. Необходимо постоянно улучшать условия на рабочем месте, сдерживать активные отказы, выявлять скрытые условия и укреплять барьеры безопасности.

***Пример авиационного происшествия по организационным причинам*** - столкновение в аэропорту Линате (Милан, Италия) – катастрофа, произошедшая 08.10.2001г. На ВПП аэропорта Линате столкнулись авиалайнер McDonnell Douglas MD-87 авиакомпании «Scandinavian Airlines System» (SAS) рейс SK-686 (Милан – Копенгаген) и частный самолёт Cessna 525A Citation Jet CJ2 авиакомпании «Air Evex» рейс (Милан – Париж) [12].



Рис.4. Последствия авиационного происшествия в аэропорту Линате

На борту самолета McDonnell Douglas MD-87 находились 110 человек: 6 членов экипажа и 104 пассажира.

На борту самолета Cessna 525A CitationJet CJ2 находилось четыре человека – два пилота и два пассажира.

В день происшествия над аэропортом Линате навис густой туман с видимостью временами не более 50 метров. Экипаж Cessna 525A, по команде диспетчера, должен был выруливать от перрона к ВПП «через Север» по рулёжной дорожке (РД) R5, однако в условиях густого тумана пилоты ошиблись в выборе РД и начали руление по РД R6, которая пересекала ВПП (на ошибку в выборе маршрута повлияло плохое состояние разметки РД – см. рис. 6).

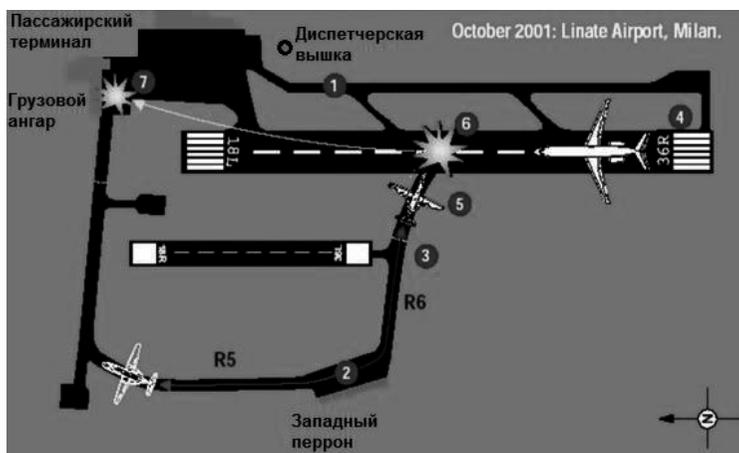


Рис.5. Схема развития авиационного происшествия:

1. Позиция предварительного старта Cessna 525A по плану.
2. Развилка рулёжных дорожек R5 и R6.
3. Фактическое место ожидания Cessna 525A перед выездом на ВПП.
4. Стартовая позиция MD-87 на ВПП 36R.
5. Место выезда Cessna 525A на ВПП 36R.
6. Место столкновения ВС.
7. Место падения MD-87 после столкновения.



Рис. 6. Состояние разметки рулежных дорожек

В аэропорту отсутствовал локатор обзора летного поля (старый локатор был снят, а новый находился длительное время в ящиках и на момент происшествия не установленным). Из-за не единичных случаев ложного срабатывания была отключена система сигнализации о несанкционированном выезде на ВПП. Когда командир Cessna 525A доложил диспетчеру, что пересекает точку S4, диспетчер дал команду (правильную) остановиться у стоп линии, не зная где находится эта точка (на диспетчерских картах точки S4 не было и при вводе в строй диспетчера не провезли по аэродрому). Поэтому диспетчер не имел достоверной информации о местонахождении самолета D-IEVX, а пилот этого самолета не остановился у стоп линии потому, что как было сказано выше, разметка аэродрома не соответствовала требованиям Приложения 14 к Чикагской Конвенции и таблички, предупреждающие о приближении к ВПП заросли высокой травой.



Рис. 7. Положение ВС в момент столкновения.

В 08:09:28 UTC рейс SK-686 ожидал разрешения на взлёт на ВПП №36R. Спустя 53 секунды, в 08:10:21 самолёт начал разбег по ВПП, достиг скорости 270 км/ч, и при отрыве на удалении 1108 м от порога ВПП врезался в Cessna 525A, вырулившую на ВПП по R6. (рис. 7, 8).



Рис.8. Траектории движения ВС.

В результате столкновения Cessna 525A полностью разрушилась, а у MD-87 оторвались правая стойка шасси и правый двигатель. Авиалайнер завалялся на крыло, поднялся в воздух, пролетел несколько метров и, потеряв скорость, приземлился на ВПП и его резко развернуло влево. В таком положении самолет пронёсся несколько метров по ВПП, выкатился за её пределы и на скорости около 200 км/ч левым бортом врезался в багажный ангар, полностью разрушился и сгорел.

В катастрофе погибли 118 человек – все 110 человек на борту MD-87, все 4 человека на борту Cessna 525A и 4 человека в багажном ангаре, также 4 человека в багажном ангаре получили ранения.

Расследование причин столкновения в аэропорту Линате проводило итальянское Национальное агентство по безопасности полётов (ANSV). Окончательный отчёт расследования был опубликован 20.01.2004г.

В ходе расследования выяснилось, что диспетчеры некоторое время не

знали о столкновении самолётов, что привело к запаздыванию реакции пожарных расчётов. Итогом этого стала гибель заблокированных в кабине обоих пилотов борта D-IEVX, горевшего на ВПП 20 минут без вмешательства пожарных. По заключению экспертов, пилоты погибли от угарного газа.

Согласно отчёту, причинами катастрофы стали: густой туман, ошибки авиадиспетчера и пилотов борта D-IEVX, отсутствие наземного радара, отсутствие видимой из кабин самолётов разметки ВПП, отключение сигнализации о занятии ВПП и многих других средств обеспечения безопасности.

Диспетчер наземного движения и несколько чиновников надзорных ведомств были приговорены итальянским судом к реальным срокам тюремного заключения.

## **Упражнение 2. Разработка модели авиационного происшествия по организационным причинам**

По представленным материалам расследования авиационного происшествия в аэропорту Линате распределить все причины и факторы по элементам схемы организационного происшествия и предложить корректирующие мероприятия для их устранения с заполнением таблицы 3.

По каждому элементу необходимо указать не менее двух факторов и двух мероприятий.

Таблица 3

Анализ катастрофы в Милане 8.10.2001г. по схеме происшествия по организационным причинам

Элементы схемы организационного происшествия	Причины (факторы)	Корректирующие мероприятия
Условия на рабочем месте		
Активные отказы		
Скрытые условия		
Неадекватные средства защиты.		

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безопасность полетов гражданских воздушных судов: учебник для вузов / Л. Г. Большедворская, В. В. Воробьев, Б. В. Зубков, И. Н. Мерзликин, О. В. Пахомов, П. М. Поляков, С. Е. Прозоров, А. А. Рыбалкина, В. Д. Шаров; под ред. В. В. Воробьева. – М.: АПР, 2021. – 440 с.

2. «Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов». - Правительство Российской Федерации. Постановление. от 18 июня 1998 года N 609.

3. Нормы летной годности. Самолетов транспортной категории НЛГ-25.

4. Приложение 13 к Конвенции о международной гражданской авиации. Расследование авиационных происшествий и инцидентов. Издание одиннадцатое. Июль 2016 года.

5. Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации Управление безопасностью полетов. Издание второе. Июль 2013 года

6. Дос. 9859AN/474 Руководство по управлению безопасностью полетов ИКАО Изд.4, 2018.

7. Accident Boeing MD-87 SE-DMA Cessna 525-A D-IEVX Milano Linate airport October 8, 2001 – Окончательный отчет расследования ANSV. [https://web.archive.org/web/20161023204136/http://asndata.aviation-safety.net/reports/2001/20011008-0\\_MD87\\_SE-DMA\\_C25A\\_D-IEVX.pdf](https://web.archive.org/web/20161023204136/http://asndata.aviation-safety.net/reports/2001/20011008-0_MD87_SE-DMA_C25A_D-IEVX.pdf).

8. Singapore Airlines 9V-SPK (Boeing 747 – MSN 28023). 21.07.2016. Архивировано 06.08.2016 года. Окончательный отчет расследования. [https://web.archive.org/web/20160304205156/http://asndata.aviation-safety.net/reports/2000/20001031-0\\_B744\\_9V-SPK.pdf](https://web.archive.org/web/20160304205156/http://asndata.aviation-safety.net/reports/2000/20001031-0_B744_9V-SPK.pdf).

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Табл. П.1

Распределение значений квантилей  $\chi^2$

<i>a</i>										
<i>n</i>	<b>0,995</b>	<b>0,99</b>	<b>0,975</b>	<b>0,95</b>	<b>0,9</b>	<b>0,1</b>	<b>0,05</b>	<b>0,025</b>	<b>0,01</b>	<b>0,005</b>
1.	0,00003	0,0001	0,0009	0,003	0,015	2,71	3,84	5,02	6,63	7,88
2.	0,01	0,020	0,050	0,103	0,211	4,61	5,99	7,38	9,21	10,6
3.	0,0717	0,115	0,216	0,352	0,584	6,25	7,81	9,35	11,34	12,84
4.	0,207	0,297	0,484	0,711	1,06	7,78	9,49	11,14	13,28	14,86
5.	0,412	0,554	0,831	1,15	1,61	9,24	11,07	12,83	15,09	16,75
6.	0,676	0,872	1,24	1,64	2,2	10,64	12,59	14,45	16,81	18,55
7.	0,989	1,24	1,69	2,17	2,83	12,02	14,07	16,01	18,48	20,28
8.	1,34	1,65	2,18	2,73	3,49	13,36	15,51	17,53	20,09	21,96
9.	1,73	2,09	2,70	3,33	4,17	14,68	16,92	19,02	21,67	23,59
10.	2,16	2,56	3,25	3,94	4,87	15,99	18,31	20,48	23,31	25,19
11.	2,60	3,05	3,82	4,57	5,58	17,28	19,68	21,92	24,73	26,76
12.	3,07	3,57	4,40	5,23	6,30	18,55	21,03	23,34	26,22	28,30
13.	3,57	4,11	5,01	5,89	7,04	19,81	22,36	24,74	27,69	29,82
14.	4,07	4,66	5,63	6,57	7,79	21,06	23,68	26,12	29,14	31,32
15.	4,60	5,23	6,26	7,26	8,55	22,31	25,00	27,49	30,58	32,80
16.	5,14	5,81	6,91	7,96	9,31	23,54	26,30	28,85	32,00	34,27
17.	5,70	6,41	7,56	8,67	10,08	24,77	27,59	30,19	33,41	35,72