

ВЕРОЯТНОСТНАЯ МОДЕЛЬ СИТУАЦИЙ ПОЖАРОВ ПРИ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЯХ В РАЙОНЕ АЭРОПОРТА

A PROBABILITY MODEL OF FIRE OCCURED IN AIRCRAFT ACCIDENTS AT AND NEAR AIRPORTS

Vladislav Turko, Dr.sc.ing., expert for Latvian Council of Science, Riga, Latvija, E-mail: vladislav.turko@mail.ru.
Leonid Vinogradov, Master Sc. Eng. Education: Riga Technical University Institute of Civil Aviation, Riga, Latvija
E-mail: leonids.vinogradovs@rtu.lv

Yulija Soldatova, Master Sc. Eng. Education: Riga Technical University Institute of Civil Aviation, Riga, Latvija
E-mail: julija.soldatova@inbox.lv

Abstract: Use of mathematical modelling gives possibility to compare and define the following values: a danger and frequency of aircraft fire occasions, the probability of the death of passengers in any of the situations occurred and the most unsafe aircraft types and aviation companies, when analyzing this aspects from point of aircraft fire safety.

KEYWORDS: Airports, aviation incident, fire safety, statistical data, expert -based, probability model.

1. Введение

Анализ статистических данных в авиационных происшествиях (АП) показывает, что наиболее серьезную опасность на воздушном транспорте представляет пожар самолета на земле после аварии. Авиационные происшествия, связанные с безопасностью операций на взлетно-посадочной полосе, составляют 59% от общего числа происшествий, 29% от всех происшествий со смертельным исходом и на их долю приходится 19 % погибших. В то время как доля категории, включающей потерю управления в полете, составляет только 4% от всех происшествий. Безопасность полетов также связана с выживаемостью людей при АП, которые могли закончиться без жертв, а также, зачастую, вследствие наличия или отсутствия пожара на земле. Возникновение каждого АП является, как правило, следствием не отдельной причины, а результатом цепочки соответствующих предпосылок. Инициатором причинных цепочек при АП служат либо ошибки людей с недостаточной профессиональной подготовленностью, либо отказы техники и оборудования, либо нештатные внешние воздействия. Обще признана преобладающая роль так называемого человеческого фактора в формировании первичных предпосылок, доля которого колеблется по разным источникам от 60-70% в промышленности и др. гражданских объектах, и 80-90% в авиации [1].

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) инициировала основанный на оценке рисков подход, направленный на повышение уровня безопасности полетов на основе оперативной информации о безопасности полетов [4].

2. Ситуации пожаров воздушных судов при авиационных происшествиях

Послеаварийный пожар на воздушном судне (ВС) является основным препятствием для успешной эвакуации людей из самолета после вынужденной посадки. При этом люди могут погибнуть в первые минуты, даже не подвергаясь действию других негативных факторов, а только от отравления токсичными газами. Независимо от вида ВС, основными причинами АП являются:

- плохой контроль над управлением ВС на малой высоте, рулении и приземлении;
- пожар/задымление после удара об землю.

Основными факторами, приводящими к гибели и травмированию людей в АП, являются:

- повышенные ударные перегрузки – 80 % погибших и 75 % травмированных;
- отравление дымом и токсичными газами – 16% погибших и 14 % травмированных;
- остальные факторы – 3 % погибших и 10 % травмированных[2].

В зависимости от сочетания этих факторов приведём 3 группы характерных случаев состояния аварийной ситуации с пожаром на земле.

I. Группа - (благоприятная):

- самолёт сел на шасси, повреждений нет;
- пассажиры самостоятельно могут покинуть ВС;
- пожар малой интенсивности вне пассажирской кабины;
- АП на территории или вблизи аэропорта.

II. Группа - (неблагоприятная):

- фюзеляж частично поврежден (посадка не на шасси);
- часть пассажиров не может самостоятельно покинуть ВС;
- пожар с разливом топлива около пассажирской кабины;
- место аварии на небольшом удалении от аэропорта.

III. Группа - (катастрофическая)

- фюзеляж и пассажирская кабина значительно повреждены;
- большая часть пассажиров не может самостоятельно покинуть ВС;
- пожар в пассажирской кабине;
- место происшествия вдали от аэропорта.

Представленные случаи составлены на основе обобщения материалов АП, имевших место на территории и, или в районе аэродрома, т.е в районе действия аварийно-спасательной команды (АСР) аэропорта.

Эти случаи расположены в порядке усложнения условий тушения пожара и спасания (эвакуации) терпящих бедствие пассажиров.

Как видим основные факторы, затрудняющие спасательные работы или самостоятельную эвакуацию это состояние фюзеляжа, объём пожара, (его интенсивность, площадь воспламенения), способность пассажиров к самостоятельной эвакуации. Следует отметить, что к этим факторам необходимо добавить и удаленность места аварии от аэропортовых спасательных служб [2]. Обеспечение условий выживаемости людей и снижения

тяжести последствий АП с пожаром на земле может быть достигнуто при выполнении следующих требований [3].

1. Тушение пожара на ВС должно начинаться до превышения предельно допустимых значений опасных факторов пожара.
2. Время локализации пожара и тушения основной площади горения не должно превышать установленного значения.
3. Время сдерживания локализованного пожара должно быть достаточным для эвакуации людей из аварийного ВС.

Кроме того, необходимо руководствоваться и принципом наращивания сил и средств, привлекаемых к пожаротушению на ВС.

Для оценки вероятности выживания при пожаре в результате АП предложена простейшая вероятностная модель выживаемости пассажиров, попавших в АП. Для определения параметров такой модели необходимо проанализировать и обработать статистические данные об АП с пожаром на земле. Наиболее распространенными показателями, применяемыми для статической оценки уровня безопасности полётов, являются число АП и количество погибших в них. Поэтому для выявления основных факторов АП необходимо использовать статистические данные о происшествиях, зарегистрированных в течении достаточно продолжительного времени. Очевидно, что для корректной оценки параметров модели надо стремиться обрабатывать как можно более однородные данные:

- по классу и типу ВС;
- исключить из данных статистической выборки, случаи террористических актов, военных действий, пожара в воздухе, столкновение ВС в воздухе и т.д.[1].

3. Вероятностная модель ситуаций пожаров воздушных судов при авиационных происшествиях

Математическое моделирование даёт возможность оценить и, что важно, сравнить опасность и частоту возникновения пожарной ситуации, вероятность гибели пассажиров в той или иной ситуации, определить наиболее опасные с точки зрения пожарной безопасности типы ВС и авиакомпании.

Вероятность выживания пассажиров при пожаре ВС на земле, зависит от:

- количества пассажиров и организации эвакуации (в зависимости от типа ВС и квалификации летного персонала);
- близости аэропорта к месту АП;
- величины разрушения фюзеляжа ВС и особенно пассажирской кабины;
- способности пассажиров на самостоятельную эвакуацию;
- характера и интенсивности пожара (разлив топлива, пожар силовой установки, пожар внутри пассажирской кабины и пр.).

Именно эти параметры, определяющие выживаемость пассажиров при пожаре ВС, необходимо оценивать при анализе статистических данных и организации их сбора. Очевидно, что предлагаемая модель будет состоять из матрицы событий аварийной ситуации и вероятности выживания в них пассажиров.

Тогда матрица событий аварийных ситуаций будет иметь следующий вид:

Таблица 1 - Матрица событий аварийных ситуаций

Состояние аварийной ситуации (i)	1	2	...	...	i	i+1	...	...	n-1	n
P_i - вероятность выживания пассажира в i-ой ситуации	P_1	P_2	...	...	P_i	P_{i+1}	..	...	P_{n-1}	P_n
N_i - вероятность возникновения i-ой ситуации	N_1	N_2	...	...	N_i	N_{i+1}	..	..	N_{n-1}	N_n

Количество состояний аварийных ситуаций n , в основном, можно принимать, где $n=10$

Предположим, что матрица событий (Таб. 1) ориентирована от самых благоприятных ситуаций ($i=1$): АП совершено практически в черте взлётно-посадочной полосы аэропорта, разрушения пассажирской кабины фактически отсутствуют, почти все пассажиры способны к самостоятельной эвакуации, топливо разлито минимально до катастрофических ($i=n$): АП произошло в удаленном от аэропорта районе, значительные повреждения пассажирской кабины, у большинства пассажиров трудности к самостоятельной эвакуации, обширное разлитое топливо.

Очевидно, вероятность P_i выживания пассажиров в благоприятных ситуациях наибольшая, а в катастрофических – наименьшая, то-есть:

$$P_1 > P_2 > \dots > P_i > P_{i+1} > P_n$$

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1.0$$

где,

(1)

Вероятности же попадания в ту или иную ситуацию N_i – логически можно предположить, что наиболее часто встречаются ситуации близкие к благоприятным и к катастрофическим. Промежуточные же ситуации, скорее всего, встречаются значительно реже:

$$N_{(1,2,3\dots)} > N_{i\dots} < \dots < N_{(n-1,n)}$$

$$\sum_{i=1}^n N_i = 1.0$$

так же, как и в (1)

(2)

В данной постановке полная матрица событий аварийных ситуаций будет иметь как минимум 16 ситуаций – 2^4 ; 4 ситуации, имеющих по два крайних значения:

- близко от аэропорта - далеко от аэропорта
- фюзеляж мало разрушен - фюзеляж сильно повреждён;
- топливо мало разлилось – топливо обширно разлилось и воспламенилось;
- пассажиры могут эвакуироваться самостоятельно - пассажиров необходимо эвакуировать аварийно-спасательным командам.

Поэтому, полагая, что способность пассажиров к самостоятельной эвакуации и степени разлива топлива прямо коррелируют со степенью разрушения фюзеляжа, упрощим матрицу событий до девяти состояний:

- степень близости АП к аэропорту: «в аэропорту» - «вблизи аэропорта» - «в удалении от аэропорта»;

- степень разрушения фюзеляжа при АП: «малая» - «средняя» - «значительная»

Матрица событий (Таблица 1) приобретет следующий вид:

Таблица 2 - Группированная матрица событий аварийных событий

Степень разрушения ВС	Удаленность от аэропорта		
	В аэропорту, $i = 1$	Вблизи аэропорта $i = 2$	Вдали от аэропорта $i = 3$
Малая, $j = 1$	P_{11}	P_{12}	P_{13}
Средняя, $j = 2$	P_{21}	P_{22}	P_{23}
Значительная, $j = 3$	P_{31}	P_{32}	P_{33}

где P_{ji} - вероятность выживания пассажиров, попавших в ji - ситуацию;

Продолжим дальнейшее упрощение модели, связанное с необходимостью обработки имеющихся статистических данных. Примем, что состояния аварийных ситуаций подразделяются на:

- I-«благоприятные» - с большой степенью вероятности выживания;
- II-«неблагоприятные» - с умеренной степенью вероятности выживания;
- III-«катастрофические» - с малой вероятностью выжить в этих ситуациях.

Эти группы ситуаций соответственно выделены зеленым, желтым и красным цветом в Таблице 2. Вероятность попадания в опасную ситуацию I, II или III (Таблица 3) обозначим соответственно N_I , N_{II} и N_{III} .

Тогда исходная таблица матрицы событий аварийных состояний (Таблица 3) примет следующий вид:

Таблица 3 - Матрица группированных аварийных ситуаций

Состояние аварийных ситуаций (•)	I	II	III
Вероятность возникновения аварийной ситуации (•) $N(•)$	N_I	N_{II}	N_{III}
Вероятность выживания пассажира $P(•)$ при попадании в аварийную ситуацию (•)	P_I	P_{II}	P_{III}

Таким образом, полная вероятность выживания пассажира при попадании ВС в ситуации с пожаром на земле, можно вычислить по формуле:

$$P_{\text{выж}} = \sum_{I=1}^{I=3} P_I N_I \quad (3)$$

или средневзвешенная оценка вероятности выжить пассажиру, попавшему в АП с пожаром.

Конечно же, сформулировать вероятностные условия возникновения аварийной ситуации $N(•)$ весьма сложно и, в принципе не столь важно. А вот вероятности выживания $P(•)$ можно рассчитать по адаптированным к летным происшествиям методикам расчета выживания при пожарах в гражданских и промышленных сооружениях [5].

Выводы

Предлагаемая модель даёт возможность оценивать риск гибели пассажиров в пожарной ситуации по типам ВС и авиакомпаниям и составлению страхового фонда для

выплат семьям погибших и пострадавших. При оценке уровня опасности АП встаёт задача по оценке уровня воздействия поражающих факторов аварийной ситуации на людей. С такой задачей могут столкнуться экспертные, страховые организации и собственники компаний. Для оценки уровня опасности необходимы данные последствий АП, количество пострадавших, экономический ущерб. Фактически оценка воздействия поражающих факторов аварийной ситуации на людей и ВС сводится к определению двух функций: зависимость количества опасных факторов пожара от расстояния до аварии и зависимость ущерба от количества факторов. Внедрение разработанной модели позволяет количественно рассчитывать величину пожарной опасности при АП на основе вероятностного метода путем прямой обработки статистических данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хамидулина Е.А. Моделирование опасных процессов в техносфере. «Управление рисками. Системный анализ и моделирование».
2. Сафонов С.К., Селезнёв А.В. Методические указания. Методы расчёта сил и средств пожарной охраны аэропорта при планировании пожарно-спасательных работ на воздушных судах. УВАУ ГА, Ульяновск 2012 г. 53
3. Рогачев, А. А. Эффективность тушения пожаров воздушных судов на земле / А. А. Рогачев // Проблемы безопасности полетов. — 1987. - № 8. - С.78-88
4. <http://aviac.ru/statistics/697-statistika-aviacionnyh-proisshestviy-po-regionam.html>
5. Методика определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности: приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009г. №382