

# **ПРОБЛЕМА ОБОСНОВАНИЯ НАЦИОНАЛЬНОГО ЦЕЛЕВОГО УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВС ПРИ ОрВД И ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ ЕЕ РЕШЕНИЯ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Л.К.ЩЕРБАКОВ**

**Статья представлена доктором технических наук Спрысковым В.Б.**

В статье представлена Методология обоснования целевого уровня безопасности (TLS) полетов ВС при ОрВД, необходимость появления которой связана с реализацией поправки №40 к Приложению 11. Выполнены практические расчеты в соответствии с Методологией на примере обоснования TLS при ОрВД для самолетов I-III классов в Российской Федерации.

Поправка №40 к Приложению 11 предписывает государствам, членам ИКАО, внедрять в рамках их полномочий в части организации воздушного движения национальные программы обеспечения безопасности полетов при ОрВД. Стандарт ИКАО в качестве минимального содержания этих программ предусматривает:

- а) обоснование целевого уровня безопасности полетов (TLS) при обеспечении ОрВД в воздушных пространствах и на аэродромах;
- б) регулярный контроль и оценку обеспечиваемого уровня безопасности воздушного движения;
- в) оценку потенциальных опасностей и принятие решения о необходимости их устранения;
- г) разработка и реализация мероприятий по устранению выявленных недостатков или потенциальных опасностей с целью обеспечения принятого целевого уровня безопасности полетов при ОрВД.

В связи с тем, что существующая Российская государственная система обеспечения безопасности полетов при ОрВД за исключением пункта а) удовлетворяет (в основном) Поправке 40, особую актуальность приобретает проблема назначения национального TLS.

## **1. Основные принципы, используемые для обоснования целевого уровня безопасности полетов самолетов при ОрВД**

а) Одним из наиболее важных принципов, который целесообразно использовать для обоснования целевого уровня безопасности полетов при ОрВД, является принцип согласованного назначения национального TLS в рамках ИКАО или любого другого сообщества государств, позволяющий добиться непротиворечивости внедрения концепции TLS на глобальном, межрегиональном и национальном уровнях. Реализация этого принципа заключается в определении (в рамках сообщества государств) диапазона допустимых значений целевого уровня безопасности полетов ВС при ОрВД, в пределах которого любая страна – член сообщества может устанавливать свои национальные требования, соотносясь с особенностями воздушного движения, финансовыми возможностями и экономической целесообразностью. Для Российской Федерации принцип назначения согласованных значений TLS позволяет без ущерба безопасности в целом по стране назначать индивидуальные TLS для различных зон ответственности и районов ЕС ОрВД.

б) В ряде стран при выборе значения TLS применительно к авиации предлагается использовать уровни безопасности, реализуемые в других видах человеческой деятельности. Данный подход был предметом длительных дискуссий в авиационных

кругах еще четверть века назад. В результате был принят действующий до настоящего времени и предлагаемых для дальнейшего использования *принцип обоснования значения TLS* для полетов самолетов при процедурном эшелонировании, *основанный на анализе безопасности авиационно-транспортной системы*, обладающей большой спецификой и инерционностью. Применительно к решению проблемы настоящего исследования этот принцип предусматривает анализ рисков катастроф, прямо или косвенно связанных с недостатками функционирования системы ОрВД.

в) Концепция TLS предусматривает проведение работ по оценке соответствия целевому уровню безопасности полетов при ОрВД обеспечиваемого уровня безопасности в системе на всем жизненном цикле ее существования, включая процесс модернизации и развития. В связи с этим, возникает необходимость установления *принципа одновременного использования значений TLS, нормирующих текущие (TLS<sub>о</sub>) и перспективные (TLS<sub>п</sub>) требования к безопасности воздушного движения*, а также дающих возможность контролировать уровень безопасности в период перехода от существующей аэронавигационной системы к перспективной.

г) Помимо суммарного уровня безопасности полетов ВС при ОрВД существуют целевые уровни безопасности полетов при ОрВД на маршруте, подходе, при маневрировании в зоне взлета и посадки и на посадке. Уровень безопасности воздушного движения существенно отличается в зависимости от класса воздушных судов и вида перевозок. Поэтому на практике реализацию концепции целевого уровня безопасности приходится осуществлять дифференцированно с учетом перечисленных выше факторов. В связи с этим следует использовать *принцип назначения TLS при ОрВД, соответственно, на маршруте, подходе, круге и посадке для самолетов I-III классов, самолетов IV класса и вертолетов*. Кроме того, целесообразно рассматривать возможные значения TLS для различных зон ответственности и районов ЕС ОрВД.

## **2. Выбор показателя целевого уровня безопасности**

Следует различать прямые, относительные и косвенные показатели, характеризующие уровень безопасности. Прямые показатели определяют абсолютное количество катастроф воздушных судов и число погибших пассажиров за определенный календарный период, обычно за год.

При реализации концепции целевого уровня безопасности воздушного движения прямые показатели, безусловно, должны учитываться, как фактор, воздействующий на общественное мнение. Однако на практике удобнее использовать относительные показатели и, прежде всего, показатели, определяющие количество катастроф или погибших пассажиров, приходящихся на выполненный авиационной транспортной системой объем работ. К таким показателям можно отнести используемые при обосновании норм эшелонирования воздушных судов риск катастрофы ВС, показатель оценки безопасности полетов, разработанный Массачусетским технологическим институтом США и основанный на расчете Q-статистики и др.

Косвенные показатели, характеризующие безопасность в условиях недостатка или отсутствия авиационных катастроф, а также на этапах проектирования систем ОрВД и их сертификации, будут эффективными лишь в том случае, если будет установлена их взаимосвязь с единицей измерения TLS. Косвенные показатели должны вытекать из используемых на практике комплексных моделей безопасности.

В рамках данной статьи обоснование значения TLS осуществляется применительно к использованию относительных показателей безопасности. При этом в качестве единицы измерения TLS принимается количество катастроф, произошедших прямо или косвенно из-за недостатков функционирования системы ОрВД, приходящихся на час налета воздушных судов или на одну операцию взлета/посадки.

### 3. Общий подход к обоснованию требований к TLS на глобальном и национальном уровнях

Будем рассматривать проблему на примере обоснования значения TLS для системы ОрВД в целом, обслуживающей полеты самолетов I-III классов. Разделение суммарного TLS на этапы полета, а значит, и на типы систем обслуживания, может быть проведено в соответствии со сложившейся в ICAO практикой применения статистических процентных долей катастроф самолетов по этапам полета (бюджетов рисков) или другим соображениям.

Предлагаемый подход к обоснованию значения TLS заключается в определении области его допустимых значений в интервале времени от  $t_0$  (текущее настоящее время) до  $t_{\Pi}$  (время внедрения перспективных требований). Учитывая, что значения рисков катастроф по определению не могут быть меньше нуля, область допустимых значений TLS должна быть ограничена сверху зависимостью

$$R_{\max}(t) = f(t; \text{TLS}_{\text{оmax}}, K_1(t), K_2(t), K_3(t)), \quad t_0 \leq t \leq t_{\Pi},$$

и снизу осью абсцисс (см. рис.1.).

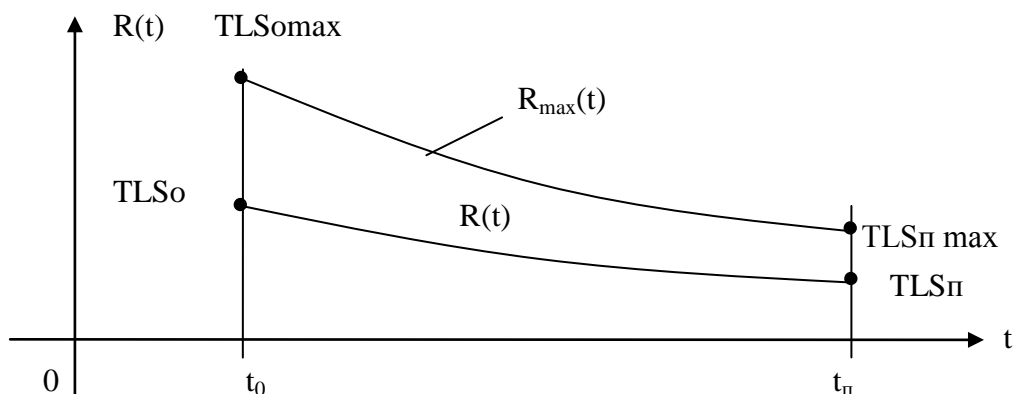


Рис. 1. Область допустимых значений TLS

В приведенных на рис. 1. обозначениях:

$\text{TLS}_{\text{о}}$  - целевой уровень безопасности, используемый для оценки качества функционирования существующей аэронавигационной системы. Определяется как средний риск катастроф по всей совокупности стран-членов ICAO, прямо или косвенно связанный с недостатками функционирования системы ОрВД, в том числе связанный с отказами технических средств ОрВД;

$\text{TLS}_{\Pi}$  – перспективный целевой уровень безопасности, предназначенный для разработки, сертификации и внедрения перспективной системы ОрВД.

Зависимость  $R(t)$  служит для контроля за достигнутым, фактическим уровнем безопасности в промежутке времени от  $t_0$  до  $t_{\Pi}$ , который будет определяться соотношением объема аэронавигационного обслуживания воздушного движения с использованием традиционной и перспективной техники и технологии.

Для того, чтобы дать возможность различным странам обосновывать национальные требования к целевому уровню безопасности полетов при ОрВД и оценивать достигнутый ими фактический уровень, целесообразно представленную на рис. 1 область разделить на зоны удовлетворительного и повышенного уровня безопасности. Границей такого деления может служить зависимость  $R(t)$ .

Целесообразно также в области допустимых значений риска построить еще одну зависимость  $R_{\min}(t)$  (см. рис.2), характеризующую фактический уровень безопасности, достигнутый в ряде передовых стран. Она определяет зону высокого уровня безопасности, попадание в которую весьма почетно, если это оправдано с позиций критерия эффективность/стоимость и при наличии в стране достаточных ресурсов. На практике значения целевых уровней безопасности  $TLS_{o\ min}$  и  $TLS_{п\ min}$  приходится учитывать при проектировании новой авиационной техники, планируемой для использования во всех районах земного шара без каких-либо ограничений.

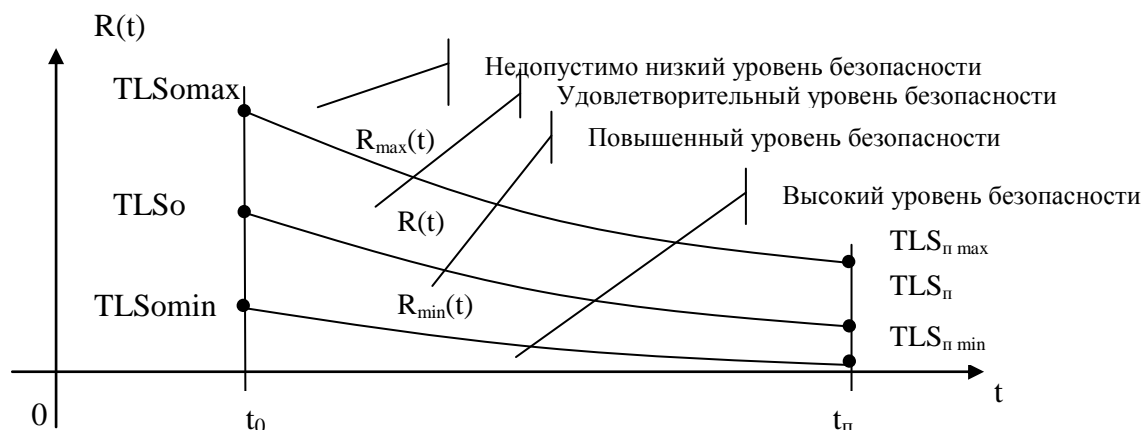


Рис. 2. Зоны различных уровней безопасности в области допустимых значения TLS

Построение области допустимых значений TLS целесообразно начинать с определения точки  $TLS_o$ , характеризующей средний достигнутый уровень безопасности воздушного движения стран-членов ICAO. Для этой цели используется математический аппарат сглаживания статистических данных по частоте катастроф, произошедших за последние  $N$  лет по отношению ко времени  $t_0$  по вине служб и технических средств системы ОрВД.

Значение предельной величины целевого уровня безопасности ( $TLS_{o\ max}$ ) должно стать предметом изучения в рамках ICAO. В качестве первого приближения можно предложить вариант, при котором  $TLS_{o\ max}$  определяется верхней границей доверительного интервала, которому принадлежит величина  $TLS_o$ , с вероятностью, равной 0.9.

Значение  $TLS_{o\ min}$  целесообразно определить как средний текущий риск стран, в которых достигнуты наивысшие показатели по безопасности и которые не ставят своей целью его рост в будущем, отдавая предпочтение повышению пропускной способности воздушного пространства. Полученное при этом значение  $TLS_{o\ min}$ , однако, не ограничивает возможность того или иного государства еще больше повысить целевой уровень безопасности, если для этого есть веские доказательства и материальные возможности.

Таким образом, диапазон приемлемых с глобальной точки зрения значений текущих TLS, из которых любая страна в соответствии со своими возможностями может установить свой национальный целевой уровень безопасности, на практике лежит в пределах между  $TLS_{o\ min}$  и  $TLS_{o\ max}$ , причем для стран с высоким уровнем развития авиации значение TLS может характеризоваться величиной риска меньшей, чем  $TLS_{o\ min}$ .

При обосновании конкретного национального значения TLS помимо оценок, полученных методами исследовательского прогнозирования на основе экстраполяции тенденции изменения риска, целесообразно пользоваться оценкой среднего по стране риска, полученного на основании моделирования безопасности воздушного движения. В основе моделирования должны использоваться частные модели безопасности,

представленные в ICAO Doc9689 и комплексные модели, дающие возможность оценить риск столкновения ВС в зависимости от фактической интенсивности полетов, распределения потоков ВС, характера самолетопотоков, норм эшелонирования, уровня технических характеристик связи, навигации, наблюдения, автоматизации процессов организации воздушного движения.

Перспективные значения TLS должны устанавливаться исходя из следующих принципиальных подходов:

- абсолютное количество катастроф, зафиксированных за интервал N лет до времени  $t_0$  не должно увеличиваться в перспективе, несмотря на увеличение интенсивности воздушного движения;

- абсолютное количество катастроф в перспективе должно сокращаться пропорционально росту средней пассажироместимости воздушных судов, которое будет определять тяжесть каждой катастрофы;

- абсолютное количество катастроф в перспективе должно быть дополнительно сокращено в случае, если такая цель поставлена ИКАО или какой-либо региональной организацией, либо является требованием одной страны.

Исходя из изложенных принципов для времени  $t_n$  перспективное значение  $TLS_{in}$  может быть найдено из выражения:

$$TLS_{in} = \frac{TLS_{i0}}{K_1(t_n) K_2(t_n) K_3(t_n)},$$

где:

$K_1(t_n)$  – коэффициент роста интенсивности воздушного движения;

$K_2(t_n)$  – коэффициент роста средней пассажироместимости воздушных судов;

$K_3(t_n)$  - коэффициент роста безопасности воздушного движения, установленный директивным путем;

$i = \{ \max, \text{пусто}, \min \}$  .

Аналогичным образом можно определить требуемые значения уровня безопасности на интервале времени  $t_0 < t < t_n$ .

#### **4. Контроль за соблюдением целевого уровня безопасности воздушного движения**

*Контроль за соблюдением TLS на глобальном уровне* должен осуществляться ежегодно с использованием как точечных оценок риска, достигнутых в текущем году, так и усредненных оценок, полученных аппроксимацией рисков методом наименьших квадратов за последние N лет.

Фактический риск должен находиться в допустимой зоне, ограниченной зависимостью  $R_{\max}(t)$ . Полученная аппроксимированная зависимость риска от времени должна соответствовать установленной ранее нормативной тенденции  $R(t)$  ICAO. Отклонение в сторону больших рисков может служить сигналом для корректировки программы обеспечения требуемой безопасности воздушного движения, отклонение в сторону меньших рисков говорит об эффективности работ в этом направлении.

*Контроль за соблюдением уровня безопасности воздушного движения на национальном уровне* необходимо проводить с использованием как прямых, так и косвенных критериев оценки безопасности. Косвенные оценки приобретают особую актуальность при отсутствии катастроф ВС на протяжении ряда лет. Здесь также как и при контроле на глобальном уровне показателями удовлетворительной безопасности являются:

- нахождение текущего значения уровня безопасности в поле допустимых значений;
- соответствие фактической тенденции изменения уровня безопасности, определенной с учетом последнего текущего значения заданной нормативной тенденции ( $R(t)$ ).

В любом случае, когда годовая оценка уровня безопасности на глобальном или национальном уровнях превышает зависимость  $R_{\max}(t)$ , это должно стать предметом озабоченности сообщества государств и соответствующих национальных авиационных администраций.

## 5. Обоснование целевого уровня безопасности полетов самолетов I-III классов в Российской Федерации

Применим представленную Методологию для решения конкретной задачи обоснования российского TLS на период 2004-2010г.г. в единицах риска катастроф. При этом будем учитывать тот факт, что статистика рисков катастроф, связанных с недостатками ОрВД стран-членов ИКАО, в настоящее время недоступна, а статистика катастроф, связанных с недостатками ОрВД по странам, подписавшим Соглашение о гражданской авиации, отличается от российской только на одну катастрофу и их репрезентативности идентичны. Поэтому за основу при обосновании целевого уровня безопасности возьмем российскую статистику рисков катастроф и распределение бюджетов рисков, полученное по результатам функционирования систем ОрВД в СССР и СНГ за период времени 1976-2002г.г.

Исходная информация, расчеты по оценке тенденции и 90-процентного доверительного интервала, накрывающего истинную тенденцию изменения российского эмпирического риска катастроф при ОрВД, представлены в /1/. Воспользуемся этими результатами для решения поставленной задачи.

На 2004г. оценки среднего суммарного российского риска и 90-процентного доверительного интервала, полученные по статистике за период (1992-2002)г.г., соответственно равны

$$(R_o^{\text{RU}}_{\min} = 0.13 \leq R_o^{\text{RU}} = 0.74 \leq 3.10 = R_o^{\text{RU}}_{\max}) \times 10^{-7} \text{ 1/л.час.}$$

Среднее суммарное значение  $R_o^{\text{RU}}$  характеризует взвешенную сумму рисков различных частей ЕС ОрВД, имеющих индивидуальные характеристики воздушного движения (интенсивность, характер самолетопотоков) и оснащения земли и борта. В этом смысле оценка  $R_o^{\text{RU}}$  для ЕС ОрВД может сыграть ту же роль, что и величина  $TLS_o$  при обосновании национального TLS на основе глобального рассмотрения системы ОрВД.

Суммарному значению  $R_o^{\text{RU}}$  с учетом бюджета рисков на различных этапах полета и соотношения среднего времени нахождения самолета на этапе к среднему времени перелета будут соответствовать следующие усредненные целевые значения рисков на этапах /1/:

$$TLS_o^{\text{RU}}_{\text{маршрут}} = 1.86 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час;}$$

$$TLS_o^{\text{RU}}_{\text{подход}} = 5.94 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час;}$$

$$TLS_o^{\text{RU}}_{\text{круг}} = 3.88 \times 10^{-7} \text{ 1/л.час;}$$

$$TLS_o^{\text{RU}}_{\text{посадка}} = 0.61 \times 10^{-7} \text{ 1/л.час.}$$

Заметим, что любое из перечисленных значений TLS является средним по России на этапах полета ВС. Если признать справедливой изложенную ранее Методологию для обоснования целевых уровней рисков для конкретных этапов, то для любого этапа в зависимости от технических средств ОрВД и характера самолетопотока мы вправе назначать различные уровни рисков. Обоснуем целевые уровни рисков при обслуживании самолетов на маршруте.

Итак, средний целевой риск 2004 года на маршруте равен  $1.86 \times 10^{-8}$ . Не менее 30% от общего объема обслуживания приходится на районы с интенсивным международным движением. Для этих районов характерны повышенный уровень оснащения земли и борта. В соответствии с расчетами, выполненными ГосНИИ «Аэронавигация» в процессе разработки стратегии внедрения концепции CNS/ATM ICAO в Российской Федерации /2/, для таких районов при нынешнем уровне интенсивности риск катастроф ВС равен  $1.4 \times 10^{-8}$  1/л.час.

Порядка (10-15)% от всего объема обслуживания воздушного движения приходится на районы с крайне низким техническим обеспечением (и низкой интенсивностью полетов). В соответствии с /2/ риск катастроф в таких районах можно оценить величиной  $3.0 \times 10^{-8}$  1/л.час.

В районах ЕС ОрВД со средними условиями по обеспечению безопасности воздушного движения (либо средний уровень оснащения и средняя интенсивность, либо ниже среднего уровень оснащения и ниже средней интенсивность) риск можно оценить значением  $1.80 \times 10^{-8}$  1/л.час.

Итак, при среднем уровне риска катастроф ВС на маршруте в Российской Федерации на 2004 год, равном  $R_{o \text{ маршрут}}^{RU} = 1.86 \times 10^{-8}$  и максимальном допустимом значении  $R_{o \text{ max маршрут}}^{RU} = 3.10 \times 10^{-8}$ , определили три дополнительных уровня:

- для *районов* с интенсивным международным движением

$$TLS_{o \text{ min маршрут}}^{RU} = 1.4 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

- для *районов* со средним уровнем оснащения и интенсивности движения

$$TLS_{o \text{ маршрут}}^{RU} = 1.80 \times 10^{-8} \text{ 1/л/час};$$

- для *районов* с низким уровнем оснащения и интенсивности воздушного движения

$$TLS_{o \text{ max маршрут}}^{RU} = 3.0 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час.}$$

Теперь в соответствии с Методологией мы должны обосновать перспективные значения целевых рисков на 2010 год. Для этого необходимо задать значения трем параметрам:  $K_1(2010)$ ,  $K_2(2010)$  и  $K_3(2010)$ . В исследовании /3/ предложены следующие значения указанных коэффициентов:

$$K_1(2010) = 1.35;$$

$$K_2(2010) = 1.35;$$

$$K_3(2010) = 1.0.$$

Тогда требования к целевому уровню безопасности полетов при ОрВД в *районных центрах* Российской Федерации на 2010 год будут соответственно равны:

- для *районов* с интенсивным международным движением

$$TLS_{\Pi \text{ min маршрут}}^{RU} = 0.77 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

- для районов со средним уровнем оснащения и интенсивности движения

$$TLS_{п маршрут}^{RU} = 0.99 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

- для районов с низким уровнем оснащения и интенсивности

$$TLS_{п max маршрут}^{RU} = 1.65 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час.}$$

Требования к перспективным целевым уровням риска катастроф ВС I-III классов на подходе, круге и посадке будут равны соответственно:

$$TLS_{п подход}^{RU} = 3.29 \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

$$TLS_{п круг}^{RU} = 2.13 \times 10^{-7} \text{ 1/л.час};$$

$$TLS_{п посадка}^{RU} = 0.33 \times 10^{-7} \text{ 1/л.час.}$$

Если предположить, что нормативный уровень риска ежегодно уменьшается в одно и то же число раз за рассматриваемый период времени [2004-2010] г.г., то зависимости  $R(t)$  изменения целевых уровней рисков должны описываться экспоненциальными моделями:

$$R_{\min маршрут}^{RU}(t) = (1.4 \times e^{-ct}) \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

$$R_{\text{маршрут}}^{RU}(t) = (1.80 \times e^{-ct}) \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

$$R_{\text{max маршрут}}^{RU}(t) = (3.0 \times e^{-ct}) \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

$$R_{\text{подход}}^{RU}(t) = (5.94 \times e^{-ct}) \times 10^{-8} \text{ 1/л.час};$$

$$R_{\text{круг}}^{RU}(t) = (3.88 \times e^{-ct}) \times 10^{-7} \text{ 1/л.час};$$

$$R_{\text{посадка}}^{RU}(t) = (0.61 \times e^{-ct}) \times 10^{-7} \text{ 1/л.час};$$

$$t \in [0,6]; t = \text{год}-2004;$$

$$c = -\frac{1}{t_n} \ln \frac{1}{K_1(2010) K_2(2010) K_3(2010)} = 0.1$$

Таким образом обоснованы российские целевые уровни безопасности полетов самолетов I-III классов при ОрВД в единицах риска катастроф. Значения TLS могут уточняться в случае, если для анализа безопасности станет доступна статистика риска катастроф ВС в рамках ICAO.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Л.К.Щербаков Управление безопасностью полетов в ЕС ОрВД Российской Федерации. См. настоящий Вестник.



2. Стратегия внедрения концепции ICAO CNS/ATM в РФ. Отчет ГосНИИ «Аэронавигация», утв. Л.К.Щербаковым. – М., ГосНИИ «Аэронавигация», 2002.

3. Целевой уровень безопасности воздушного движения в ЕС ОрВД Российской Федерации и анализ государственной системы контроля за обеспечением безопасности полетов при УВД. Отчет ГосНИИ «Аэронавигация», утв. Л.К.Щербаковым. – М., ГосНИИ «Аэронавигация», 2002г.

**Scherbakov L.**

The paper presents a Methodology to calculate TLS for air traffic in ATM, the need for this is linked with implementation of Amendment 40 to Annex 11. Practical computation was done in accordance with the methodology computation of ATM TLS for I-III class aircraft in Russian Federation.

### **Сведения об авторе**

**Щербаков Леонид Константинович**, 1952г.р., окончил КИИГА (1974), кандидат технических наук, заместитель руководителя ДГР ОрВД ГС ГА Минтранса России, автор более 70 научных работ, область научных интересов – безопасность полетов при ОрВД.