

УДК 629.735.33

DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-6-124-140

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ РИСКА ПРЕДСТОЯЩЕГО ПОЛЕТА ДЛЯ ВЕРТОЛЕТОВ С УЧЕТОМ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ МЕТЕОУСЛОВИЙ

А.Л. РЫБАЛКИНА<sup>1</sup>, Е.И. ТРУСОВА<sup>2</sup>, В.Д. ШАРОВ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет гражданской авиации,  
г. Москва, Россия

<sup>2</sup>Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем,  
г. Москва, Россия

Задача обеспечения безопасности полетов решается как на стадии проектирования и изготовления авиационной техники, так и при ее эксплуатации. На безопасность полетов влияют три группы факторов: человеческий фактор, технический фактор и неблагоприятные внешние условия. Несмотря на то, что только около 3% авиационных происшествий обусловлены влиянием неблагоприятных внешних условий, во многих случаях имело место сочетание человеческого фактора как основного при наличии сопутствующих неблагоприятных внешних условий, в первую очередь неблагоприятных метеоусловий. В статье приведен сравнительный анализ уровня безопасности полетов в коммерческой гражданской авиации РФ и США, выполнен анализ статистики авиационных происшествий, связанных с влиянием метеоусловий. Так как наибольшее количество авиационных происшествий, связанных с влиянием неблагоприятных метеоусловий, произошло с вертолетами, в работе рассмотрена возможность повышения безопасности полетов вертолетов путем создания методики оценки рисков, связанных с влиянием неблагоприятных метеоусловий, перед выполнением конкретных полетов. Проанализированы методики оценки риска, такие как матрица оценки рисков ИКАО, контрольный перечень CFIT, FRAT, и показана целесообразность использования методики FRAT. На основе методики FRAT, после доработки раздела «Условия эксплуатации ВС», была получена методика оценки рисков на предстоящий полет для вертолетов. Для интерпретации полученных значений уровня риска была предложена шкала допустимости уровня риска для предстоящего полета.

**Ключевые слова:** метеоусловия, оценка рисков, безопасность полетов.

### ВВЕДЕНИЕ

Безопасностью полетов (БП) называют состояние<sup>1</sup>, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, снижены до приемлемого уровня и контролируются, т. е. управляются. Таким образом, управление риском БП как на государственном уровне (в рамках Государственной программы по БП), так и на уровне авиапредприятия (в Системе управления БП – СУБП) является основным инструментом управления БП<sup>2</sup>. Под управлением риском для БП (и управлением БП в целом) понимается управление производственными процессами. Для формирования управляющих воздействий необходимо оценивать риск, связанный с проявлениями существующих и потенциальных факторов опасности в авиационной деятельности. Традиционно выделяются три группы таких факторов – «Человек – Машина – Среда». В данной статье рассматриваются вопросы управления риском группы факторов «Среда», а именно подгруппы «Неблагоприятные метеоусловия».

<sup>1</sup> Приложение 19 к Конвенции о Международной гражданской авиации Управление безопасностью полетов. 2-е изд. 2016.

<sup>2</sup> О порядке разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими: постановление Правительства Российской Федерации от 18.11.2014 № 1215.

Авиация находится в большой зависимости от погодных условий, так как вся ее деятельность осуществляется в атмосфере. В полете на воздушное судно (ВС) оказывают влияние температура, давление воздуха, направление и скорость ветра, количество, характер и высота облаков, осадки.

Существуют метеоусловия и опасные метеоявления, которые исключают взлет и посадку ВС (сильный сдвиг ветра на этапе захода на посадку, ветер на взлетно-посадочной полосе (ВПП), превышающий допустимые значения, грозовая деятельность на аэродроме, сильные ливневые осадки, сильная болтанка, загрязнение ВПП хуже допустимого состояния, пыльные и песчаные бури, сильное обледенение ВС и т. д.). Самое совершенное оборудование ВС и аэродрома не исключает зависимость авиации от погоды, а высокая надежность авиационной техники не всегда обеспечивает адекватно высокий уровень безопасности [1]. В мировой авиационной практике известны случаи авиационных катастроф, связанных с попаданием воздушных судов в сложные метеоусловия и опасные метеоявления.

Для управления риском, связанным с метеоусловиями, как и для рисков, связанных с проявлениями других факторов опасности, применяются различные методы, часть которых описана, например, в работах [2, 3]. При этом, разумеется, должны использоваться современные знания в области авиационной метеорологии и результаты исследований воздействий экстремальных метеорологических и геофизических явлений на полет воздушного судна [4, 5, 6].

Однако, как показал анализ, существует очевидная необходимость улучшать имеющиеся и создавать новые подходы к оценке, анализу и выработке управленческих решений для риска, связанного с метеоусловиями, непосредственно перед полетом.

Задача особенно актуальна при эксплуатации вертолетов, а также легких и сверхлегких самолетов, которые в большей степени, чем другие ВС, зависят от метеоусловий.

## СОСТОЯНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РФ

Традиционно авиаперевозки относятся к наиболее безопасным видам транспорта. Однако некоторые расчеты показывают, что такие утверждения справедливы, только если оценивать уровень БП по показателю «количество погибших на 1 миллион пассажиро-километров» [7]. Как представлено в указанной монографии, по абсолютному количеству погибших воздушный транспорт в РФ за период 1992–2010 гг. уступал только автомобильному (конечно, с большим отрывом), а по количеству погибших на 1 миллион перевезенных вообще опережал все другие виды транспорта. Похожие оценки приводились и для гражданской авиации (ГА) США 1980-х годов в классической работе [8].

Когда говорят о высоком уровне безопасности ГА, обычно ссылаются на статистику ИКАО, однако нужно помнить, что ИКАО рассчитывает свои показатели только для регулярных коммерческих авиаперевозок, оставляя «за кадром» чартерные авиарейсы, авиационные работы, а также авиацию общего назначения (АОН). На рис. 1 приведены абсолютные данные из анализа БП ИКАО за 2016 г.<sup>3</sup>

Сравнение уровня БП в ГА РФ с мировыми показателями обычно выполняется именно по этому сегменту (рис. 2), как показано в анализе ФАВТ<sup>4</sup>.

<sup>3</sup> ICAO Safety Report 2017 [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.icao.int/safety/Pages/Safety-Report.aspx> (дата обращения: 05.07.2018).

<sup>4</sup> Данные по безопасности полетов в гражданской авиации РФ в 2016 г. ФАВТ, 2017.

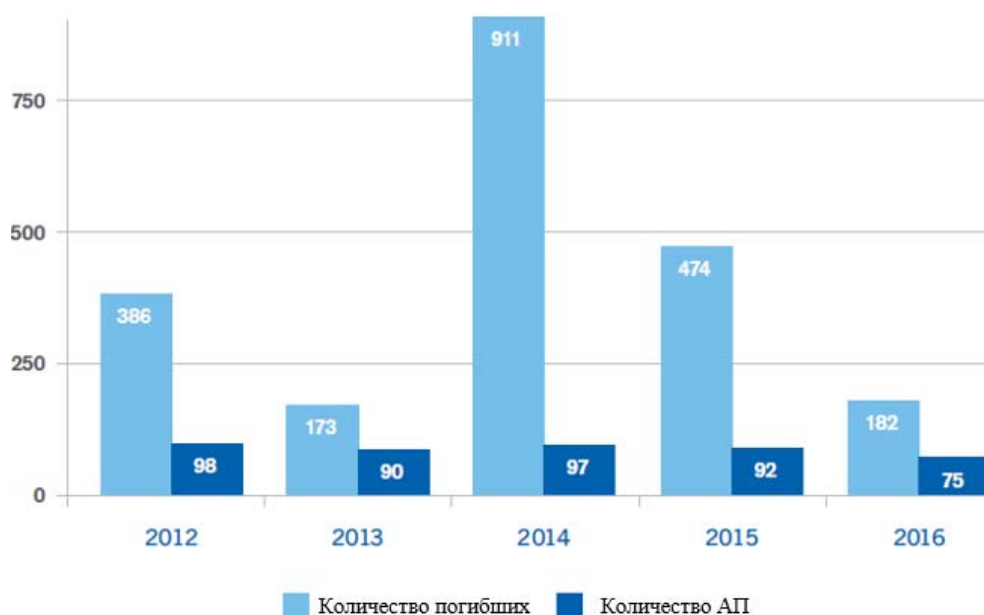


Рис. 1. Количество авиационных происшествий и погибших в них людей при регулярных коммерческих полетах государств – членов ИКАО

Fig. 1. The number of accidents and fatalities during scheduled commercial flights of ICAO member states

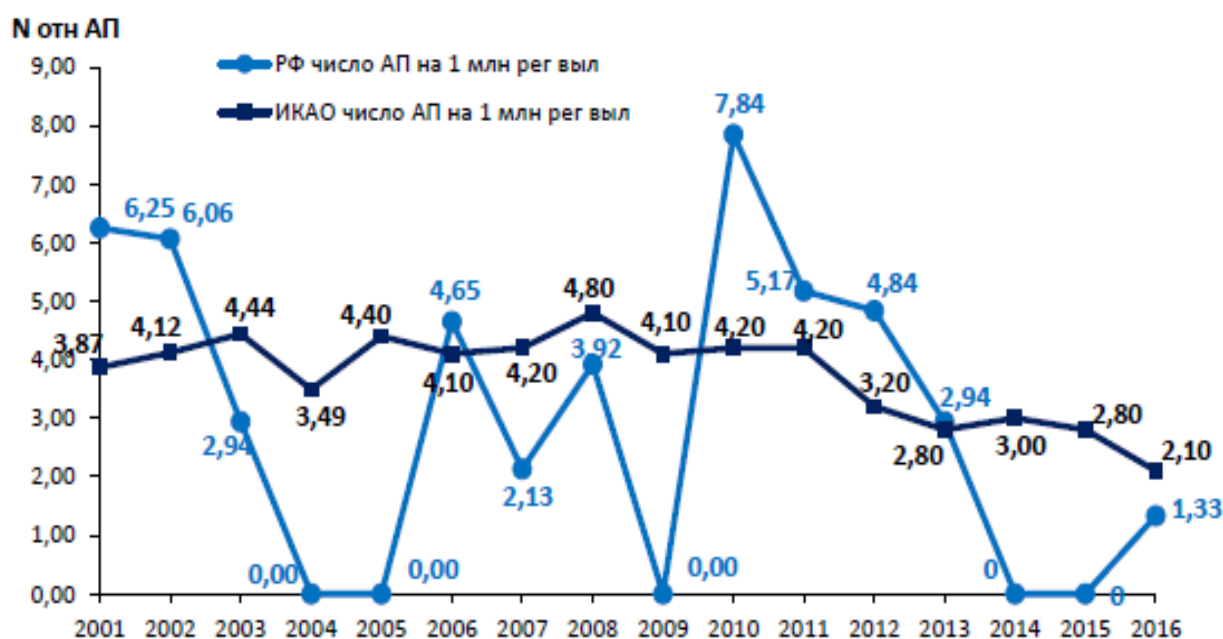


Рис.2. Сравнение уровня БП для регулярных коммерческих авиаперевозок в РФ и ИКАО

Fig. 2. Comparison of a flight safety level for scheduled commercial air transportation in the Russian Federation and ICAO

Из графика видно, что уровень БП в мире на регулярных рейсах с 2014 г. повышается. В РФ в этом сегменте не было авиационных происшествий (АП) в 2014–2015 гг., а в 2016 г. произошло одно АП (11.10.2016 авария самолета Ан-26). Соответственно, появилось ненулевое значение показателя, но оно существенно ниже, чем в среднем по странам ИКАО.

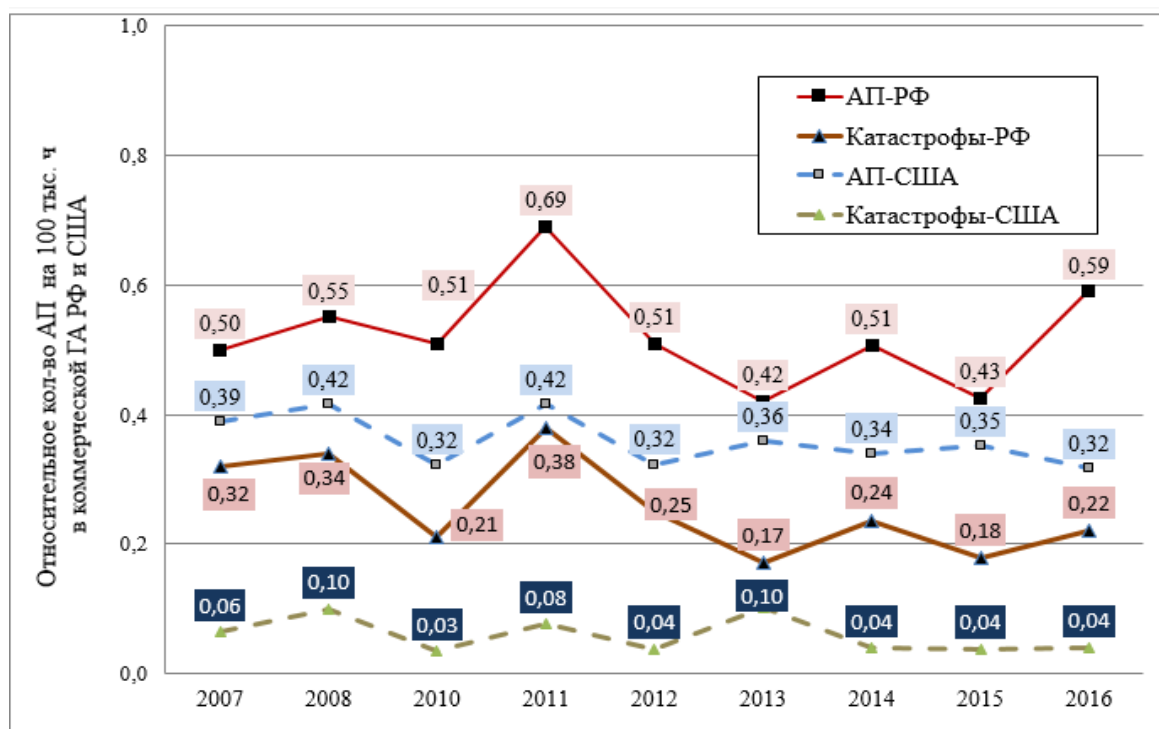
Всего в коммерческой ГА РФ в 2016 г. произошло 16 АП, из них 6 катастроф (все при выполнении авиационных работ), в которых погибли 29 человек. Для сравнения – в 2015 г. произошло 12 АП, из них 5 катастроф, погибло 27 человек. С учетом некоторого снижения по налету часов относительное количество АП на 100 тыс. часов налета в 2016 г. увеличилось с 0,42 до 0,59, количество катастроф – с 0,18 до 0,22, количество погибших на 1 млн перевезенных – с 0,29 до 0,32. Таким образом, объективные данные свидетельствуют, что уровень БП в коммерческой ГА РФ в 2016 г. по сравнению с 2015 г. понизился.

Представляется, что сравнивать уровень БП в коммерческой авиации РФ нужно и с уровнем стран – лидеров отрасли. На рис. 2 и 3 приведены диаграммы, построенные авторами статьи на основе информации, полученной из ФАВТ, и данных Национального бюро по безопасности на транспорте (NTSB) США<sup>5</sup>.

Можно видеть, что уровень БП по всем приведенным показателям в коммерческой авиации РФ ниже, чем в США. Особенно велика разница в важном для общества показателе – относительном количестве погибших на 1 млн перевезенных человек (рис. 4).

Однако в целом гражданская авиация США уносит гораздо большее число человеческих жизней, чем ГА РФ, если учитывать АОН. В АОН (General Aviation) США в 2015 г. произошло 1209 АП, в которых погибло 376 человек, а в 2016 г. – 1266 АП, погибло 386 человек<sup>6</sup>.

В АОН РФ, по данным ФАВТ, в 2015 г. было 29 АП, погибло 33 человека, в 2016 г. – 36 АП, погибло 30 человек. Как видим, абсолютные показатели значительно лучше, чем в США, что неудивительно, учитывая огромную разницу в количестве ВС и полетов в этом сег-



**Рис. 3.** Сравнение уровня БП в коммерческой ГА РФ и США по относительному количеству АП и катастроф  
**Fig. 3.** Comparison of a flight safety level in commercial civil aviation of the Russian Federation and the United States based on the relative number of incidents and disasters

<sup>5</sup> NTSB, Aviation Statistics [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.nts.gov/investigations/data/Pages/aviation\\_stats.aspx](https://www.nts.gov/investigations/data/Pages/aviation_stats.aspx) (дата обращения: 5.07.18).

<sup>6</sup> NTSB, Data & Stats [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.nts.gov/investigations/data/Pages/Data\\_Stats.aspx](https://www.nts.gov/investigations/data/Pages/Data_Stats.aspx) (дата обращения: 5.07.2018).

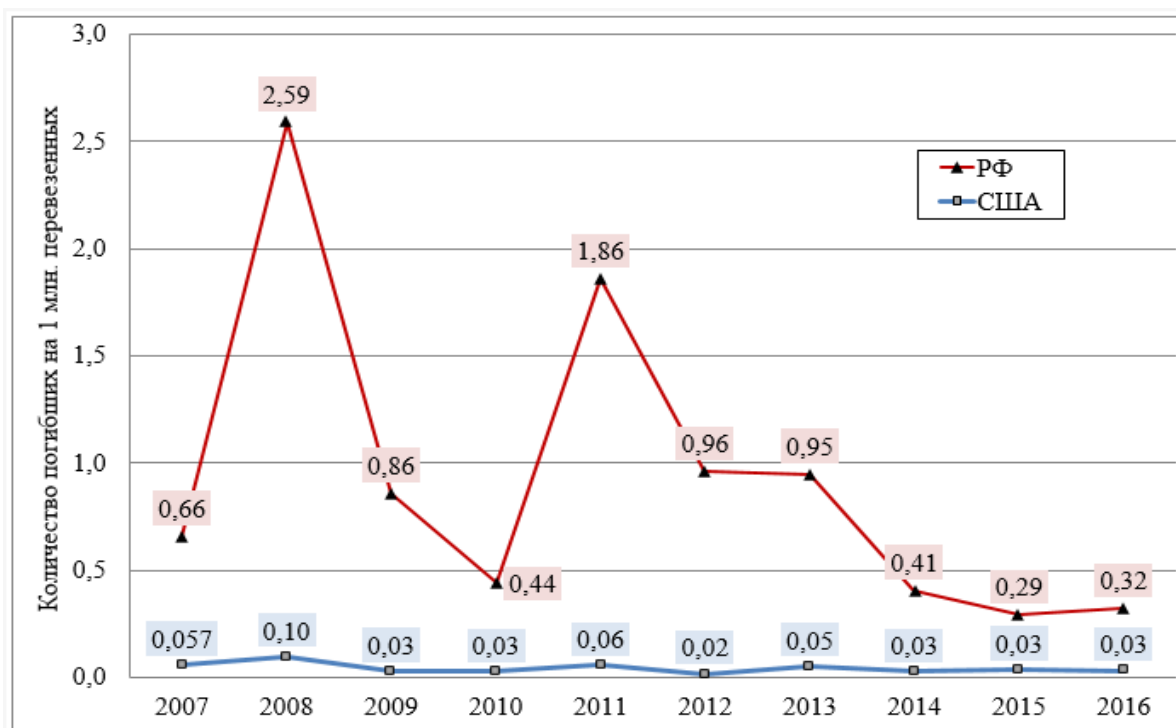


Рис. 4. Сравнение уровня БП в коммерческой ГА РФ и США по относительному количеству погибших в авиакатастрофах

Fig. 4. Comparison of a flight safety level in commercial civil aviation of the Russian Federation and the United States based on the relative number of fatalities in air accidents

менте ГА, однако настораживает устойчивое увеличение количества АП и катастроф в АОН РФ в последние годы.

Что касается вертолетов, то расчет на основании данных ФАВТ показывает, что за период с 2001 по 2016 г. среднее количество АП с вертолетами в коммерческой ГА РФ составляет 8,3; с самолетами – 5,8; количество катастроф с вертолетами – 5,8; с самолетами – 2,6. При этом наибольшее количество АП с вертолетами относится к типу событий «Столкновение исправного ВС с землей» (CFIT), что часто связано с попаданием ВС в сложные метеоусловия либо с неправильной оценкой метеоусловий экипажем.

Проведенный краткий анализ показывает, что положение дел с БП в ГА РФ в целом не может устраивать общество и требует продолжения постоянной работы по совершенствованию методов и средств управления риском и предотвращения АП.

Уровень БП при эксплуатации вертолетов остается ниже, чем в среднем по отрасли, при этом проблема проактивного управления риском, связанным с влиянием метеоусловий, при эксплуатации вертолетов является особо актуальной.

### АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

Как уже отмечалось, на БП влияют три группы факторов: человеческий фактор, технический фактор и неблагоприятные внешние условия. На рис. 5 показано распределение факторов, определивших авиационные происшествия за 2010–2015 гг. в СНГ по данным докладов МАК по 296 авиационным происшествиям в ГА (включая АОН) государств СНГ, проанализированным в работе [9].



Рис. 5. Факторы, определившие авиационные происшествия за 2010–2015 гг.  
Fig. 5. Factors determined the aviation accidents for the period of 2010–2015

Несмотря на то, что только 3 % АП обусловлены влиянием неблагоприятных внешних условий, во многих случаях имело место сочетание человеческого фактора как основного при наличии сопутствующих неблагоприятных внешних условий, в первую очередь неблагоприятных метеоусловий и опасных метеоявлений.

Проанализируем влияние неблагоприятных метеоусловий на безопасность полетов и рассмотрим различные пути снижения риска авиационных происшествий. В данной работе был проведен анализ 286 АП, произошедших в РФ за 2009–2016 гг. на основании окончательных отчетов о расследованиях АП<sup>7</sup>. Установлено, что в 26 событиях в качестве основной или сопутствующей причины было отмечено влияние неблагоприятных метеоусловий и опасных метеоявлений. Распределение этих событий по годам за указанный период приведено на рис. 6.

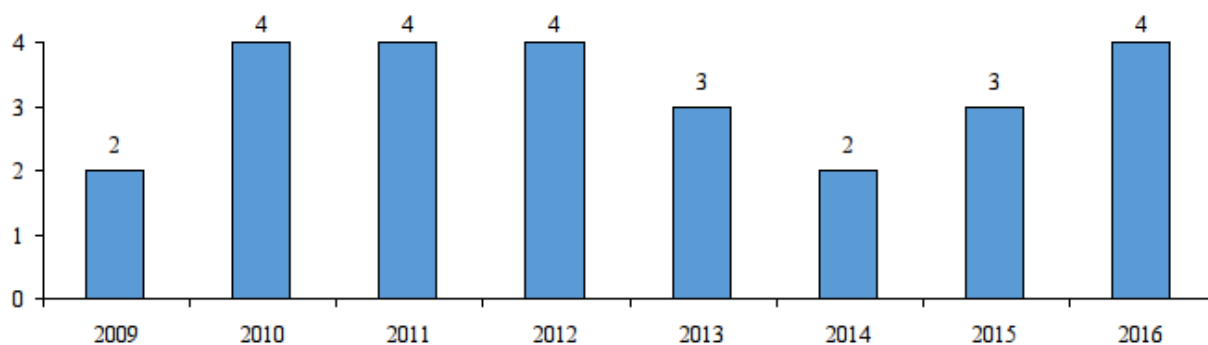


Рис. 6. Распределение АП в РФ, связанных с неблагоприятными метеоусловиями  
(коммерческая авиация и АОН)

Fig. 6. The distribution of accidents in the Russian Federation, associated with adverse weather conditions  
(commercial aviation and general aviation)

Из 26 событий 16 произошло с ВС коммерческой авиации, 10 – с ВС АОН, при этом на вертолеты приходится 21 АП (или 81 %).

Распределение АП по типам неблагоприятных метеоусловий и опасных метеоявлений, отмеченных в качестве причин АП в отчетах по расследованию, представлено в табл. 1.

<sup>7</sup> Отчеты о состоянии безопасности полетов [Электронный ресурс] // Межгосударственный авиационный комитет. Режим доступа: <http://www.mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/> (дата обращения: 5.07.2018).

Таблица 1  
Table 1

Типы неблагоприятных метеоусловий и опасных метеоявлений,  
отмеченных в качестве причин АП  
Types of adverse weather conditions and hazardous meteorological phenomena  
noted as causes of accidents

Виды погодных условий	Количество АП
Туман	9
Кучево-дождевая облачность	10
Сплошная слоистая облачность	6
Турбулентность	7
Ограниченная видимость	11
Ливневые осадки	9
Дымка	13
Грозовая деятельность	5
Снегопад, метель	8
Сильный порывистый ветер	9
Обледенение в облаках	6

Также было выявлено, что в девяти полетах, закончившихся АП, экипаж не обладал актуальной информацией о неблагоприятных метеоусловиях по причинам, распределение которых приведено в табл. 2.

Таблица 2  
Table 2

Повторяемость причин, из-за которых экипаж не получил  
метеоинформацию в полетах, закончившихся АП  
Frequency of the causes where the crew did not receive meteorological information  
in flights ended up in aviation accidents

Недостатки в метеообеспечении	Количество АП
Неоправдавшийся прогноз погоды	5
Отсутствие прогноза погоды по маршруту	1
Экипаж за метеоинформацией не обращался	3

Ситуация с метеообеспечением ГА должна измениться к лучшему в результате реализации всех мероприятий по внедрению перспективных систем и технологий метеорологического обеспечения и оснащения аэродромов радиолокационными средствами в соответствии с программой «Модернизация Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009–2020 годы)»<sup>8</sup>.

Распределение причин АП, связанных с неблагоприятными метеоусловиями, показано на диаграммах рис. 7 и 8.

<sup>8</sup> Модернизация Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации (2009–2020 годы) [Электронный ресурс] // Федеральные целевые программы России. Режим доступа: <http://fcp.economy.gov.ru/cgi-bin/cis/fcp.cgi/Fcp/ViewFcp/View/2010/251/> (дата обращения: 5.07.2018).

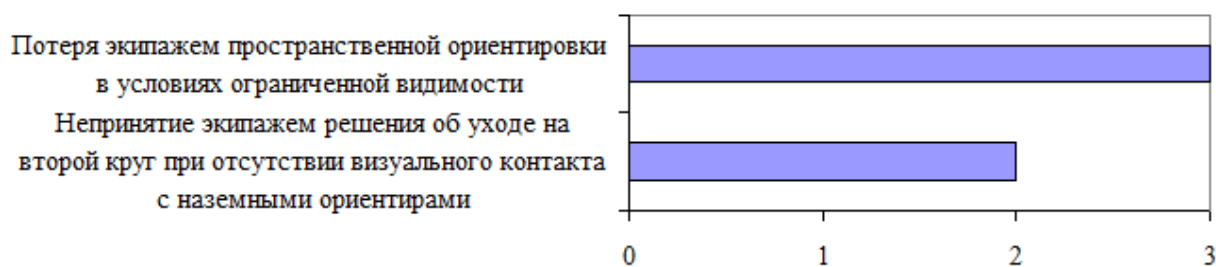


Рис. 7. Повторяемость причин, связанных с метеоусловиями, в отчетах по расследованию АП в ГА РФ за период 2009–2016 гг. (самолеты)

Fig. 7. Frequency of the reasons connected with weather conditions, in accidents investigation reports in civil aviation of the Russian Federation for the period of 2009–2016 (airplanes)



Рис. 8. Повторяемость причин АП, связанных с метеоусловиями, в отчетах по расследованию АП в РФ за период 2009–2016 гг. (вертолеты)

Fig. 8. Frequency of the reasons of the accidents connected with weather conditions in accidents investigation reports in the Russian Federation for the period of 2009–2016 (helicopters)

Можно видеть, что сложные метеоусловия и опасные метеоявления отмечаются в качестве основных или сопутствующих причин АП с вертолетами гораздо чаще, чем с самолетами, т. е. риски, связанные с погодными условиями, при эксплуатации вертолетов гораздо выше. Поэтому в данном исследовании рассматривалась возможность повышения безопасности полетов вертолетов путем создания методики оценки рисков, связанных с влиянием неблагоприятных метеоусловий, перед выполнением полетов.



## ОЦЕНКА ПРИМЕНИМОСТИ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДИК ДЛЯ ОЦЕНКИ РИСКА ПРЯДУЮЩЕГО ПОЛЕТА

В работе были проанализированы методики оценки риска, такие как матрица оценки рисков ИКАО, контрольный перечень СФИТ и инструмент оценки риска предстоящего полета FRAT.

Метод, рекомендованный ИКАО («матрица рисков ИКАО»), предполагает оценку риска в виде буквенно-цифрового индекса как сочетания экспертно оцениваемых вероятности негативного события и серьезности его проявления. В зависимости от значения индекса производится оценка приемлемости риска с помощью специальной матрицы<sup>9</sup> и формируются рекомендации по его снижению.

Матрица рисков проста в применении, но имеет ряд ограничений, подробно проанализированных в работах [10, 11, 12]. В частности, метод оценивает только риск отдельных событий и не позволяет оценивать так называемые «интегральные риски» полета в целом.

Применительно к задаче оценки риска, связанного с метеоусловиями, с помощью матрицы ИКАО можно оценить риск события, которое может возникнуть, например, из-за обледенения или из-за сильного бокового ветра на посадке, но невозможно получить целостную картину общего риска от воздействия неблагоприятных метеоусловий в предстоящем полете.

Другим методом, который оценивает риск в определенном полете, является метод «Контрольный перечень СФИТ»<sup>10</sup>. Метод разработан Всемирным фондом безопасности полетов для оценки риска столкновений исправных воздушных судов с землей (СФИТ) в рамках международной программы по сокращению количества АП данного типа. Оценка риска производится экипажем перед заходом на посадку.

Ограничением этой методики для оценки влияния метеоусловий является то, что методика оценивает риски не на весь полет, а только при заходе на посадку. При этом в данном перечне недостаточно учитываются типы опасных метеоявлений.

Третьим рассмотренным методом является методика FRAT (*Flight Risk Assessment Tool*) – оценка риска на предстоящий полет. Данный метод оценки рисков был разработан Федеральной авиационной администрацией США (FAA)<sup>11,12</sup>.

При разработке метода, как утверждают его авторы, были рассмотрены данные об авиационных событиях за длительный период, выявлены опасности и использована стандартная методология оценки риска. Метод FRAT позволяет определять, какие полеты имеют наибольший риск, выявлять факторы наибольшей опасности, внедрять предупреждающие мероприятия, когда это возможно и, соответственно, уменьшать риск.

Оценивается риск для рассматриваемого полета в зависимости от типа операции, окружающей среды, используемых ВС, подготовки экипажей и опыта эксплуатации посредством выделения трех категорий условий, определяющих риск (табл. 3).

Каждая категория содержит несколько характеристик предстоящего полета, соответствие которым рассматривается как наличие фактора опасности с присущим ему риском, который оценивается в баллах. После заполнения формуляра FRAT все баллы суммируются, и по этой сумме определяется общий риск предстоящего полета, который оценивается с помощью специальной шкалы (табл. 4).

<sup>9</sup> Руководство по управлению безопасностью полетов. Дос. 9859. 3-е изд. ИКАО, 2013. 300 с.

<sup>10</sup> Программы всемирного фонда безопасности полетов [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://pandia.ru/text/78/590/43993-3.php> (дата обращения: 5.07.2018).

<sup>11</sup> Flight Risk Assessment Tools [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.faa.gov/news/safety\\_briefing/2015/media/SE\\_Topic\\_15-08.pdf](https://www.faa.gov/news/safety_briefing/2015/media/SE_Topic_15-08.pdf) (дата обращения: 5.07.2018).

<sup>12</sup> Flight Risk Assessment Tool (FRAT). Information for Operators [Электронный ресурс]. Режим доступа: [https://www.faa.gov/other\\_visit/aviation\\_industry/airline\\_operators/airline\\_safety/info/all\\_infos/media/2007/inFO07015.pdf](https://www.faa.gov/other_visit/aviation_industry/airline_operators/airline_safety/info/all_infos/media/2007/inFO07015.pdf) (дата обращения: 5.07.2018).

Таблица 3  
Table 3

Категории факторов риска FRAT  
Categories of FRAT risk factors

Категория 1	Квалификация членов летного экипажа ВС (налет, рабочее время и время отдыха экипажа)
Категория 2	Условия эксплуатации ВС (аэродром, время суток, метеоусловия)
Категория 3	Оборудование ВС (особые ограничения по РЛЭ, наличие отказов, полет по специальному разрешению)

Таблица 4  
Table 4

Шкала оценки риска предстоящего полета  
Scale of risk assessment of the forthcoming flight

Уровень риска в баллах	Предпринимаемые действия
0–19	Действий не требуется
20–24	Решение о вылете принимает шеф-пилот по типу ВС
25 и более	Шеф-пилот по типу ВС должен принять меры по снижению риска

Таким образом, из рассмотренных методик только методика FRAT оценивает риски на весь предстоящий полет и только в данной методике в разделе «Условия эксплуатации ВС» учитываются типы метеоусловий, а также другие неблагоприятные внешние условия предстоящего полета.

**РАЗРАБОТКА МЕТОДА ОЦЕНКИ РИСКА  
ПРЕДСТОЯЩЕГО ПОЛЕТА ВЕРТОЛЕТА НА ОСНОВЕ FRAT**

Как видно из приведенного выше анализа АП, учет сложных метеоусловий и опасных метеоявлений при эксплуатации вертолетов имеет чрезвычайно важное значение. При этом в анализируемых АП с вертолетами имели место также специфические метеоусловия, ставшие основной или сопричастующей причиной авиационных происшествий, которые не учтены в исходном перечне условий категории 2 исходного FRAT. Очевидна необходимость введения новых показателей, что и было сделано в ходе данного исследования.

В ходе проведенного исследования на основе анализа отчетов по расследованию АП в перечень условий (факторов опасности FRAT) были добавлены метеоусловия, которые не были учтены в исходной методике, такие как образование тумана на маршруте полета; сильный снегопад и метели на аэродроме (а/д) вылета и/или назначения и т. д. Помимо этого, были добавлены показатели, связанные с недостатком опыта, такие как отсутствие у пилота опыта пилотирования ВС по приборам, отсутствие у пилота опыта взлета при метеоминимуме и т. д. Часть дополнительных показателей связана с проблемами, которые уже имели место, например случаи неоправданного прогноза погоды, случаи непринятия пилотом решения об уходе на второй круг или на запасной аэродром при наличии метеоусловий ниже минимумов для посадки и т. д.

На основании экспертной оценки, проведенной в одной из авиакомпаний, эксплуатирующих вертолеты, были предложены балльные оценки влияния на риск предстоящего полета следующих факторов опасности, характерных в основном для летной эксплуатации вертолетов (табл. 5).

Таблица 5  
Table 5

Дополнительные факторы опасности и оценки связанных с ними рисков  
Additional hazard factors and risk-related assessments

Фактор опасности	Риск (баллы)
Образование тумана на маршруте полета	3
Сильный снегопад и метель на а/д вылета и/или назначения	3
В течение года имел место хотя бы один случай неоправдавшегося прогноза погоды	3
В течение года имел место хотя бы один случай несвоевременного информирования об ухудшении погоды по данному маршруту	3
В течение года имел место хотя бы один случай непринятия пилотом решения об уходе на второй круг/на запасной аэродром при наличии метеоусловий ниже минимумов для посадки	4
Условия, способствующие образованию снежного вихря	4
Отсутствие у пилота опыта пилотирования ВС по приборам	3
Отсутствие у пилота опыта взлета при метеоминимуме	3
В течение года имел место хотя бы один случай вылета при погоде ниже посадочного минимума и отсутствии пригодного а/д в часе полета на одном двигателе	3
Отсутствие у пилота опыта взлетов/посадок с предельной составляющей бокового ветра	3

Поскольку добавлены новые позиции в перечень факторов со своими балльными оценками, необходимо скорректировать пороговые уровни по следующей методике.

1. Рассчитываются параметры исходного FRAT:

- максимально возможное количество баллов в исходном варианте FRAT (сумма баллов в приведенной ниже табл. 5 за исключением добавленных строк 36–46)  $R_m = 146$ ;
- исходные уровни «желтого» и «красного» рисков –  $R_j = 20$ ;  $R_r = 25$ .

2. Рассчитываются отношения  $K_j$  и  $K_r$  «желтого» и «красного» уровней к максимальному значению риска.

$$K_j = \frac{R_m}{R_j} = \frac{146}{20} = 7,3.$$

$$K_r = \frac{R_m}{R_r} = \frac{146}{25} = 5,84.$$
(1)

3. Рассчитывается сумма добавленных баллов за счет новых факторов опасности (баллы в строках табл. 4 или в строках 36–46 табл. 5):

$$\Delta R = 32.$$

4. Рассчитывается новое максимальное количество баллов:

$$R_{ml} = R_m + \Delta R = 146 + 32 = 178.$$

5. На основании рассчитанных коэффициентов «желтого» и «красного» уровней (формула (1)) рассчитываются новые значения пороговых уровней в дополненном FRAT.

$$R_{j1} = \frac{R_{m1}}{K_j} = \frac{178}{7,3} = 24.$$

$$R_{r1} = \frac{R_m}{K_r} = \frac{178}{5,84} = 30.$$
(2)

Таким образом, взяв за основу методику FRAT и доработав раздел «Условия эксплуатации ВС», была получена методика оценки рисков на предстоящий полет для вертолетов. Новый перечень условий приведен в табл. 6.

**Таблица 6**  
**Table 6**

Оценка риска на предстоящий полет  
Risk assessment for the forthcoming flight

		Показатель уровня риска	Фактический уровень риска
<b>Раздел 1. Квалификация экипажа</b>			
1	Налет КВС менее 200 часов на данном типе ВС	5	
2	Налет 2-го пилота менее 200 часов на данном типе ВС	5	
3	Полет с одним пилотом	5	
4	Налет КВС менее 50 часов за последние 90 дней	3	
5	Налет 2-го пилота менее 50 часов за последние 90 дней	3	
6	Рабочее время более 12 часов	4	
7	Летное время более 8 часов	4	
8	Время отдыха экипажа вне базы менее 12 часов до начала рабочего времени	5	
<i>Суммарный показатель факторов риска по 1-му разделу</i>			
<b>Раздел 2. Условия эксплуатации</b>			
9	Заход на посадку по VOR/GPS/LOC/ADF без наведения по высоте	3	
10	Заход на посадку по схеме <i>circle to land</i>	4	
11	Заход на посадку по неопубликованным схемам	4	
12	Горный аэродром	5	
13	УВД на а/д вылета или назначения не осуществляется	3	
14	Неконтролируемый аэродром	5	
15	Не выбран запасной аэродром	4	
16	Превышение основного аэродрома более 5000 футов над уровнем моря	3	
17	ВПП мокрая	3	
18	ВПП загрязнена	3	
19	Полет в зимнее время года	3	
20	Полет в сумерках	2	
21	Полет ночью	5	
22	Длина пробега более 80 % располагаемой длины ВПП	5	

23	Перелет без пассажиров и груза	5	
24	Срочный вылет (экипаж оповещен менее чем за 4 ч до вылета)	3	
25	Международный полет	2	
26	Нет метеоинформации по а/д назначения или по маршруту полета	5	
27	Гроза на а/д вылета или назначения	4	
28	Сильная турбулентность	5	
29	Высота НГО/видимость на а/д назначения менее 200 м/2000 м	3	
30	Сильный ливневой дождь на а/д вылета и/или назначения	5	
31	Переохлажденные осадки на а/д вылета и/или назначения	3	
32	Обледенение (умеренное-сильное)	5	
33	Приземный ветер более 30 узлов (15 м/с)	4	
34	Боковой ветер более 15 узлов (7 м/с)	4	
35	Коэффициент сцепления на ВПП менее 0,4	5	
36	Образование тумана на маршруте полета	3	
37	Сильный снегопад и метели на а/д вылета и/или назначения	3	
38	В течение года имел место хотя бы один случай неоправдавшегося прогноза погоды	3	
39	В течение года имел место хотя бы один случай несвоевременного информирования об изменениях погоды по данному маршруту	3	
40	В течение года имел место хотя бы один случай непринятия пилотом решения об уходе на второй круг/на запасной аэродром при метеоусловиях ниже минимума для посадки	4	
41	Условия, способствующие образованию снежного вихря	4	
42	Отсутствие у пилота опыта пилотирования ВС по приборам	3	
43	Отсутствие у пилота опыта взлета при метеоминимуме	3	
44	В течение года имел место хотя бы один случай вылета при минимуме менее посадочного и отсутствии пригодного аэродрома в часе полета на одном двигателе	3	
46	Отсутствие у пилота опыта взлетов/посадок с предельной составляющей бокового ветра	3	
<i>Суммарный показатель факторов риска по 2-му разделу</i>			
<b>Раздел 3. Оборудование</b>			
47	Полет по специальному разрешению (без коммерческой загрузки)	3	
48	Наличие отказов по MEL, влияющих на безопасность полета	2	
49	Особые полетные ограничения по РЛЭ	2	
<i>Суммарный показатель факторов риска по 3-му разделу</i>			
Итого:		146	

Порядок применения методики следующий.

1. В ячейках «фактический уровень риска» записывается количество баллов, равное показателю риска соседней ячейки, если условия выполнения полета соответствуют данной характеристике. В противном случае записывается 0.

2. После анализа условий по всем характеристикам подсчитывается сумма баллов.

3. Общий уровень риска предстоящего полета оценивается по схеме, приведенной на рис. 9.

Уровень риска в баллах	Цветовой индикатор
от 0 до 23	Зеленый
от 24 до 29	Желтый
30 и более	Красный

**Рис. 9.** «Светофорная модель» оценки риска предстоящего полета вертолета на основе FRAT  
**Fig. 9.** “Traffic light model” of the risk assessment of a helicopter forthcoming flight based on FRAT

«Зеленый» уровень риска соответствует наиболее благоприятным условиям полета, «желтый» риск – предупредительный, говорит о необходимости повышенного внимания к возможным проявлениям отдельных факторов, а «красный» риск требует принятия предупреждающих мер для снижения общего риска полета.

В качестве апробации методики был проведен анализ окончательных отчетов по расследованию семи АП, связанных с метеоусловиями, с вертолетами в РФ за период 2014–2016 гг. и произведена по имеющимся данным оценка индекса риска с использованием разработанной методики, которая могла бы быть проведена экипажем перед вылетом.

Результаты апробации показывают, что значительная часть полетов, закончившихся АП по причинам, связанным с метеоусловиями, получила высокие значения индекса риска. Таким образом, если бы экипажи перед этими полетами применяли разработанную методику, то, получив «красные» оценки риска полета, они могли бы принять своевременные предупреждающие меры по снижению риска, что, возможно, предотвратило бы эти АП.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема влияния метеоусловий на БП продолжает оставаться актуальной. Применение современного оборудования для выполнения полетов в сложных метеоусловиях не исключает зависимость авиации от погоды. Авиационные происшествия, связанные с влиянием неблагоприятных метеоусловий, продолжают происходить.

Особенно сильно сказывается влияние сложных метеоусловий и опасных метеоявлений на БП при эксплуатации вертолетов.

Одним из эффективных методов повышения БП и предотвращения АП является разработка и использование методик проактивного управления риском. Однако большинство существующих методик не учитывают влияния метеоусловий, или учитывают его в недостаточной степени, или не позволяют получить оценку «суммарного риска» предстоящего полета с указанием «слабых мест», на которые следует обратить особое внимание при планировании полетов и непосредственно при подготовке к ним.

Применение разработанной методики оценки рисков на предстоящий полет, основанной на методике FRAT и доработанной с учетом специфики эксплуатации вертолетов в российских авиакомпаниях, поможет своевременно выявлять полеты с повышенным уровнем риска, проводить мероприятия по его уменьшению и, следовательно, повысить БП.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Leveson N.G. Engineering a Safer World. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England, 2011.
2. Зубков Б.В., Шаров В.Д. Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов. М.: МГТУ ГА, 2010. 196 с.

3. **Гузий А.Г., Лушкин А.М., Щукин А.В.** Методологический подход к оптимизации управления уровнем безопасности полетов по критерию эффективности // Сб. трудов Общества независимых расследователей авиационных происшествий. 2013. Вып. 25. С. 189–195.
4. **Богаткин О.Г.** Авиационная метеорология: учебник. СПб.: РГГМУ, 2005.
5. **Тихомиров Ю.В.** Комплексная оценка вероятности поражения молнией самолетов гражданской авиации // Обеспечение безопасности полетов в СМУ: межвузов сб. научных трудов. М.: МГТУ ГА, 1996. С. 13–21.
6. **Ларичев И.Л.** Воздействие гелиогеофизических факторов на аварийность в гражданской авиации: автореферат диссертации к.т.н. / Ин-т прикладной геофизики; Росгидромет. М., 2004.
7. **Плотников Н.И.** Проектирование транспортных комплексов. Воздушный транспорт: монография. Новосибирск: АвиаМенеджер, 2010. 393 с.
8. **Хенли Е.Дж., Кумамото Х.** Надежность технических систем и оценки риска: пер. с англ. М.: Машиностроение, 1984. 528 с.
9. **Рыбалкина А.Л., Спириин А.С.** Синтез метеоинформации с целью повышения уровня безопасности полетов // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»: в 2 т. Пенза: ПГУ, 2015. Т. 1. С. 90–93.
10. **Сох. L.** What's Wrong with Risk Matrices? // Risk Analyses. 2008. Vol. 28, № 2. Pp. 497–512.
11. **Махутов Н.А.** Использование матриц риска при проведении оценки риска и приоритизации защитных мероприятий / Д.О. Резников, В.П. Петров, В.И. Куксова // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2012. № 1. С. 82–92.
12. **Шаров В.Д., Воробьев В.В.** Ограничения по использованию матрицы ИКАО при оценке рисков для безопасности полетов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2016. № 225. С. 179–187.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Рыбалкина Александра Леонидовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности Московского государственного технического университета гражданской авиации, rybalkina@list.ru.

**Трусова Елена Игоревна**, инженер, Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, elenatru2011@yandex.ru.

**Шаров Валерий Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности Московского государственного технического университета гражданской авиации, vdsharov@mail.ru.

## RISK ASSESSMENT METHODOLOGY FOR A FORTHCOMING FLIGHT OF HELICOPTERS TAKING INTO ACCOUNT UNFAVORABLE METEOROLOGICAL CONDITIONS

**Alexandra L. Rybalkina<sup>1</sup>, Elena I. Trusova<sup>2</sup>, Valery D. Sharov<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia  
<sup>2</sup>State Scientific Research Institute of Aviation Systems, Moscow, Russia

### ABSTRACT

The task to provide flight safety is solved both at the stage of design and manufacture of aircraft and during its operation. Flight safety is influenced by three groups of factors: a human factor, a technical factor and marginal ambient conditions. In spite of the fact that only about 3% of aviation accidents are caused by marginal ambient conditions, in many cases there was a combination of the human factor as the main one with the availability of the accompanying unfavorable external conditions, especially marginal

weather conditions. The article provides a comparative analysis of a flight safety factor in commercial civil aviation in the Russian Federation and the United States and analyzes accident statistics caused by adverse meteorological conditions. Since the greatest number of accidents related to marginal weather conditions occurred with helicopters, the article has highlighted the possibility of increasing helicopter flight safety by creating a methodology for risk assessment associated with the influence of adverse weather conditions before the flight operation. Risk assessment techniques, such as the ICAO Risk Assessment Matrix, the CFIT checklist, FRAT, have been analyzed and the feasibility of using the FRAT methodology has been demonstrated. On the basis of the FRAT methodology after updating the section "Operating conditions of the aircraft", a risk assessment methodology for the forthcoming flight of helicopters was obtained. A risk level admissibility scale for the forthcoming flight was proposed to interpret the obtained values of the risk level.

**Key words:** meteorological conditions, risk assessment, flight safety.

## REFERENCES

1. **Leveson, N.G.** (2011). *Engineering a Safer World*. The MIT Press Cambridge, Massachusetts, London, England.
2. **Zubkov, B.V. and Sharov, V.D.** (2010). *Teoriya i praktika opredeleniya riskov v aviapredpriyatiyakh pri razrabotke sistemy upravleniya bezopasnostyu poletov* [The theory and practice of risk management in aviation enterprises in the development of safety management system]. Moscow: MSTUCA, 2010. 196 p. (in Russian)
3. **Guziy, A.G., Lushkin, A.M. and Shchukin, A.V.** (2013). *Metodologicheskii podkhod k optimizatsii upravleniya urovnem bezopasnosti poletov po kriteriyu effektivnosti* [Methodological approach to optimizing the management of the level of flight safety by the criterion of efficiency]. *Sb. trudov Obshchestva nezavisimikh rassledovateley aviatsionnykh proishestviy* [Collected Works of the Society of Independent Investigators of Aviation Accidents], iss. 25, pp. 189–195. (in Russian)
4. **Bogatkin, O.G.** (2005). *Aviatsionnaya meteorologiya* [Aviation meteorology]. *Uchebnik* [Textbook]. St. Petersburg: RSHU. (in Russian)
5. **Tikhomirov, Ju.V.** (1996). *Kompleksnaya otsenka veroyatnosti porazheniya molniy samoletov grazhdanskoy aviatsii* [Comprehensive assessment of the probability of lightning strikes of civil aircraft]. *Obespechenie bezopasnosti poletov v SMU: mezhvuz. sb. nauchnikh trudov* [Ensuring flight safety in IFC: Interuniversity collection of scientific papers]. Moscow: MSTUCA, pp. 13–21. (in Russian)
6. **Larichev, I.L.** (2004). *Vozdeystvie geliogeofizicheskikh faktorov na avariynost v grazhdanskoy aviatsii: avtoref. diss.* [Influence of heliogeophysical factors on the accident rate in civil aviation: thesis ph. d.]. *Institut prikladnoy geofiziki; Rosgidromet* [Institute of applied Geophysics, Roshydromet]. Moscow. (in Russian)
7. **Plotnikov, N.I.** (2010). *Proyektirovaniye transportnykh kompleksov. Vozdushnyy transport* [Design of transport complexes. Air transport]. Monograph. Novosibirsk: AviaManager, 393 p. (in Russian)
8. **Henley, E. and Kumamoto, H.** (1984). *Nadezhnost tekhnicheskikh sistem i otsenki riska* [Reliability of technical systems and risk assessment]. Trans. from English. Moscow: Mechanical Engineering, 528 p. (in Russian)
9. **Rybalkina, A.L. and Spirin, A.S.** (2015). *Sintez meteoinformatsii s tselyu povysheniya urovnya bezopasnosti poletov* [Synthesis of meteorological information in order to improve the level of flight safety]. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost i kachestvo»: v 2 t.* [Proceedings of the International Symposium "Reliability and Quality": 2 vol.]. Penza: PGU, vol. 1, pp. 90–93. (in Russian)
10. **Cox, L.** (2008). *What's Wrong with Risk Matrices?* *Risk Analyses*, vol. 28, no. 2, pp. 497–512.
11. **Makhutov, N.A., Reznikov, D.O., Petrov, V.P. and Kuksova, V.I.** (2012). *Ispolzovaniye matrits riska pri provedenii otsenki riska i prioritizatsii zaschitnykh meropriyatiy* [The use of risk matrices when performing risk assessment and prioritization of protective measures]. *Problemy bezopasnosti i chrezvychaynykh situatsiy* [Security issues and emergency situations], no. 1, pp. 82–92. (in Russian)



12. Sharov, V.D. and Vorobyev, V.V. (2016). *Ogranicheniya po ispolzovaniyu matritsy ICAO pri otsenke riskov dlya bezopasnosti poletov* [Limitations on the use of the ICAO matrix in the assessment of safety risks]. The Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 225, pp. 179–187. (in Russian)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Alexandra L. Rybalkina**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Life and Flight Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, rybalkina@list.ru.

**Elena I. Trusova**, Engineer, State Scientific Research Institute of Aviation Systems, lenatru2011@yandex.ru.

**Valeriy D. Sharov**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the Life and Flight Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, vdsharov@mail.ru.

Поступила в редакцию 15.08.2018  
Принята в печать 20.11.2018

Received 15.08.2018  
Accepted for publication 20.11.2018

ББК 05  
Н 34  
Св. план 2018

Научный Вестник МГТУ ГА  
Том 21, № 06, 2018  
Civil Aviation High TECHNOLOGIES  
Vol. 21, No. 06, 2018

Свидетельство о регистрации в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор) ПИ № ФС77-47989 от 27 декабря 2011 г.

---

Подписано в печать 17.12.18 г.

Печать цифровая

Формат 60×90/8

17,5 усл. печ. л.

Заказ № 413 / 192

Тираж 100 экз.

---

Московский государственный технический университет ГА  
125993, Москва, Кронштадтский бульвар, д. 20  
Изготовлено в ИД Академии имени Н.Е. Жуковского  
125167, Москва, 8-го Марта 4-я ул., дом 6А  
Тел.: (495) 973-45-68  
E-mail: mail@phzhukovskogo.ru

Подписной индекс в каталоге Роспечати 84254  
© Московский государственный  
технический университет ГА, 2018