



**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА
(РОСАВИАЦИЯ)**

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

ФАКУЛЬТЕТ механический

КАФЕДРА БП и ЖД

Направление подготовки 25.06.01. «Аэронавигация и эксплуатация
(код и наименование направления подготовки)
авиационной и ракетно – космической техники»

Направленность Эксплуатация воздушного транспорта
(наименование направленности)

НАУЧНО-КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема Методы снижения риска безопасности полетов вертолетов в
сложных метеоусловиях

Обучающийся:

Трусова Е.И.
(Ф.И.О.)


(Подпись)

Научный руководитель:

к.т.н., доцент Рыбалкина А.Л.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)


(Подпись)

Рецензенты:

д.т.н., профессор, Богуславский И.В.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)


(Подпись)

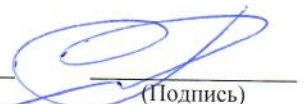
д.т.н., доцент, Шаров В.Д.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)


(Подпись)

Работа допущена к защите:

Заведующий кафедрой

д.т.н., профессор Воробьев В.В.
(уч.степень, уч.звание, Ф.И.О.)


(Подпись)

МОСКВА 2025

Актуальность темы исследования. Практика расследования авиационных происшествий и инцидентов с вертолетами показывает, что фактор «сложные метеорологические условия» отмечается часто как основная или сопутствующая причина. Поэтому разработка методов снижения риска для безопасности полетов вертолетов в сложных метеоусловиях является актуальной задачей.

Объектом исследования в данной диссертационной работе являются неблагоприятные внешние условия, оказывающие влияние на полет вертолетов.

Предметом исследования является повышение безопасности полетов вертолетов в сложных метеоусловиях.

Цель диссертационного исследования совпадает с **задачей** исследования и заключается в разработке методов снижения риска для безопасности вертолетов при полетах в сложных метеоусловиях.

Поставленная **цель достигается** путем решения основных **подзадач**:

1. Проведение анализа статистики авиационных происшествий, связанных с воздействием неблагоприятных метеоусловий;
2. Разработка и апробация методики оценки риска предстоящего полета вертолета на основе методики оценки риска на предстоящий полет (FRAT) с учетом влияния метеоусловий;
3. Проведение анализа некоторых авиационных происшествий с вертолетами по причине потери пространственной ориентировки;
4. Разработка альтернативного режима индикации углового положения воздушного судна.

Методы исследования. Для решения поставленных задач в работе использованы методы экспертных оценок, системный и теоретический анализ, методы оценки рисков.

Научная новизна работы состоит в том, что в ней:

1. Проанализирована статистика всех авиационных происшествий в период с 2009 по 2023 гг. и сделаны следующие выводы:
 - в 11% всех АП имело место негативное влияние неблагоприятных метеорологических условий;

- 69% всех АП, связанных с неблагоприятными метеоусловиями, произошли с вертолетами;
 - в большинстве случаев прослеживается совокупное воздействие неблагоприятных метеоусловий и человеческого фактора;
 - наиболее частым и опасным событием, происходящим в полете под воздействием неблагоприятных метеоусловий является потеря пилотом пространственной ориентировки.
2. Разработана и апробирована методика оценки риска предстоящего полета вертолетов в сложных метеоусловиях;
 3. Предложен альтернативный режим индикации углового положения ВС путём выдачи на дисплей многофункционального индикатора (МФИ) вместо изображения положений указателей авиагоризонта (АГ) непосредственно 3D-изображения воздушного судна относительно земной системы координат.

Теоретическая значимость работы заключается в получении методики оценки риска предстоящего полета для вертолетов, позволяющей своевременно выявлять полеты с повышенным уровнем риска, а также в разработке альтернативного режима индикации углового положения воздушного судна с изображением 3D-анимации воздушного судна относительно земной системы координат.

Практическая значимость работы заключается в том, что ее результаты позволяют:

- быть использованными в качестве методологической базы при разработке, внедрении и совершенствовании современных систем управления БП в организациях, эксплуатирующих вертолеты, реализуя требования соответствующих нормативных документов в области гражданской авиации;
- компьютеризировать и оптимизировать процесс управления риском БП для повышения эффективности существующей системы управления безопасностью полетов (СУБП);
- предложенный режим работы основного пилотажного дисплея, на котором вместо изображения положений указателей авиагоризонта выводится

непосредственно 3D-изображение ВС может быть применен на отечественных вертолетах, эксплуатируемых по правилам визуальных полетов;

- проводить дальнейшие исследования в рассматриваемой сфере.

Структура и объем диссертационной работы.

Диссертация состоит из введения, 3 глав, заключения.

В первой главе были детально рассмотрены метеорологические явления, оказывающие неблагоприятное воздействие на безопасность полетов воздушных судов. На основе анализа авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными метеорологическими условиями, оказывающих влияние на безопасность полетов, был сделан вывод о необходимости создания новых подходов к оценке, анализу и выработке мер обеспечения безопасности полетов, при помощи которых можно было бы адекватно оценить степень влияния различных факторов, выявить слабые места в составляющих элементах авиационно-транспортной системы и найти наиболее рациональные пути их устранения.

Во второй главе раскрыто понятие риска для безопасности полетов. Рассмотрены и проанализированы наиболее известные, существующие методики оценки рисков, такие как матрица рисков ИКАО, CFIT и FRAT. На основе методики FRAT был получен бланк для оценки рисков на предстоящий полет для вертолетов (таблица 1).

Таблица 1. Разработанная методика оценки риска на предстоящий полет

		Показатель уровня риска	Фактический уровень риска
Раздел 1. Квалификация экипажа			
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>			
Раздел 2. Условия эксплуатации			
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 аэродроме 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 4ч до вылета)	3	
25	Международный полет	2	
26	Нет метеоинформации по аэродрому назначения или по маршруту полета	5	
27	Гроза на аэродроме вылета или назначения	4	
28	Сильная турбулентность	5	
29	Высота НГО/видимость на аэродроме назначения менее 200м/2000м	3	
30	Сильный ливневой дождь на аэродроме вылета и/или назначения	5	
31	Переохлажденные осадки на аэродроме 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 аэродроме 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 неприятия 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>			
Раздел 3. Оборудование			
49	Полет по специальному разрешению (без коммерческой загрузки)	3	
50	Наличие отказов по MEL, влияющих на безопасность полета	2	
51	Особые полетные ограничения по РЛЭ	2	
<i>Суммарный показатель факторов риска по 3-му разделу:</i>			
Итого:		146	

По результатам расчетов уровня риска нескольких авиационных происшествий было показано, что уровень риска по доработанной методике превышает методику FRAT на 3-5 баллов (таблица 2).

Таблица 2. Сравнение уровней риска по методике FRAT и по разработанной методике

№	АП	Уровень риска по FRAT	Уровень риска по разработанной методике
1	Ми-8Т (15.08.2015) катастрофа коммерческого рейса	17	20
2	Bell-429 (01.01.2016) АП коммерческого рейса	23	26
3	R-66 (18.04.2016) катастрофа коммерческого рейса	33	42
4	Ми-8Т (23.04.2015) АП коммерческого рейса	12	19
5	ЕС-130 В4 (02.04.2016) катастрофа коммерческого рейса	22	25
6	R- 44 (05.07.2014) АП коммерческого рейса	40	43
7	ЕС-120В (13.05.2014) катастрофа коммерческого рейса	41	48

Результаты апробации показывают, что значительная часть полетов, закончившихся авиационными происшествиями 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 на земле, что, возможно, предотвратило бы эти авиационные происшествия. Введение данной методики оценки риска позволит своевременно выявить полеты с повышенным уровнем риска и провести мероприятия по его сокращению, что в свою очередь повысит уровень безопасности полетов.

В третьей главе рассмотрено влияние потери пространственной ориентировки как аспекта человеческого фактора, а также влияние сложных метеоусловий на пространственную ориентировку при полетах вертолетов. Проанализированы особенности восприятия показаний пилотажно-навигационных приборов и сделан вывод о том, что представление основной информации о параметрах полета должно быть максимально простым и наглядным. Пилот в

критической ситуации не должен тратить драгоценные секунды на то, чтобы проанализировать данные с традиционных электромеханических приборов. Поэтому в работе предложен дополнительный (альтернативный авиагоризонту) режим работы основного пилотажного дисплея – «3D-анимация углового движения воздушного судна», в котором вместо изображения положений указателей авиагоризонта на экран дисплея выводится непосредственно 3D-изображение воздушного судна относительно нормальной земной системы координат. Режим предназначен в первую очередь для использования в случаях потери пилотами пространственной ориентировки и появлении иллюзий. Главным отличием предложенного режима 3D-анимации углового движения воздушного судна от существующих подходов является учёт различных временных задержек, имеющих место в процессе получения информации, анализа её, выработки решения и проведении соответствующих действий по управлению воздушным судном. В результате в каждый момент времени пилоты наблюдают не запоздалую картинку, а видят прогнозируемое положение воздушного судна, для которого выработанное ими решение и будет выполняться.

Разработано математическое обеспечение предложенного режима, позволяющее по зашумлённым данным от датчиков углов тангажа и крена построить непрерывные функции-оценки $\tilde{\Theta}(t)$, $\tilde{\Gamma}(t)$ на ограниченном участке измерений. Для исключения появления разрывных функций производится переход от углов тангажа и крена к компонентам кватерниона, которые представляются разложениями по специальным функциям $\{c_n(t), s_n(t)\}$, построенным на базе тригонометрических функций. Коэффициенты разложения определяются методом наименьших квадратов. Выбранное семейство функций позволяет произвести качественную экстраполяцию построенных аппроксимирующих зависимостей, т.е. сделать прогноз на некоторый интервал времени Δt .

Предложена тестовая задача для отработки и проверки качества работы разработанного алгоритма аппроксимации и экстраполяции.