

УДК 629.735.33

DOI 10.51955/2312-1327_2023_1_42

ОЦЕНКА УСЛОВИЙ, НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ДЛЯ ПИЛОТИРОВАНИЯ ВЕРТОЛЕТОВ

*Елена Игоревна Трусова^{1,2},
orcid.org/0009-0006-3990-261X,
аспирант¹*

ведущий специалист²

¹*Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский б-р, д. 20
Москва, 125993, Россия*

²*Публичное акционерное общество
«Объединенная авиастроительная корпорация» (ПАО «ОАК»)
пер. Уланский, д. 22
Москва, Россия
elenatru2011@yandex.ru*

*Александра Леонидовна Рыбалкина,
orcid.org/0009-0009-4063-6525,*

*кандидат технических наук, доцент
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский б-р, д. 20
Москва, 125993, Россия
rybalkina@list.ru*

*Николай Иванович Николайкин,
orcid.org/0000-0001-9867-2208,*

*доктор технических наук, профессор
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский б-р, д. 20
Москва, 125993, Россия
nikols_n@mail.ru*

Аннотация. Изложены итоги анализа причин негативных авиационных событий из-за сложных метеоусловий; статистически подтверждено, что это преимущественно происходит с вертолетами. Дан обзор влияния факторов внешней среды на пилотирование летательных аппаратов, раскрыт механизм такого влияния, приведен анализ исследований, выполненных ранее. Показана возможность снижения опасности пилотирования за счет предварительной оценки рисков от неблагоприятных атмосферных условий. Для планируемых полетов вертолетов предложена методика предварительного парирования влияния внешней среды.

Ключевые слова: метеоусловия, методика оценки риска, безопасность полётов, вертолёт.

ASSESSMENT OF ADVERSE CONDITIONS FOR HELICOPTER PILOTAGE

*Elena I. Trusova^{1,2},
orcid.org/0009-0006-3990-261X,
graduate student¹
lead specialist²*

*¹Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky Boulevard
Moscow, 125993, Russia*

*²Public Joint Stock Company
"United Aircraft Corporation" (PAO "UAC")
Ulanskiy Lane, 22
Moscow, Russia
elenatru2011@yandex.ru*

*Alexandra L. Rybalkina,
orcid.org/0009-0009-4063-6525,
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky Boulevard
Moscow, 125993 Russia
rybalkina@list.ru*

*Nikolay I. Nikolaykin,
orcid.org/0000-0001-9867-2208,
Doctor of Technical Sciences, Professor
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky Boulevard
Moscow, 125993 Russia
nikols_n@mail.ru*

Abstract. The results of the analysis of negative aviation events caused by difficult weather conditions are presented; it is statistically confirmed that this predominantly occurs with helicopters. The influence of environmental factors on the piloting of aircraft is overviewed, the mechanism of such influence is explained; an analysis of earlier studies is given. The possibility to reduce the piloting risks by preliminary assessment of the adverse weather risks is shown. For the planned helicopter flights, a method of preliminary compensation of environmental influence is proposed.

Keywords: weather conditions, risk assessment methodology, flight safety, helicopter.

Аннотация. Изложены итоги анализа причин негативных авиационных событий из-за сложных метеоусловий; статистически подтверждено, что это преимущественно происходит с вертолетами. Дан обзор влияния факторов внешней среды на пилотирование летательных аппаратов, раскрыт механизм такого влияния, приведен анализ исследований, выполненных ранее. Показана возможность снижения опасности пилотирования за счет предварительной оценки рисков от неблагоприятных атмосферных условий. Для планируемых полетов вертолетов предложена методика предварительного парирования влияния внешней среды.

Ключевые слова: метеоусловия, методика оценки риска, безопасность полётов, вертолёт.

Введение

К числу сложнейших задач, стоящих перед гражданской авиацией, относится создание условий безопасного полета (БП). Её решение – результат

постоянного повсеместного труда проектировщиков, изготовителей и эксплуатантов. Факторы, определяющие уровень БП, классифицируют на 3 основные группы: технический фактор (ТФ); человеческий фактор (ЧФ); неблагоприятные внешние условия (НВУ).

Расклад по долям (в %) факторов, приведших на всех ВС ГА (включая авиацию общего назначения) к таким негативным событиям, как авиационные происшествия (АП), в соответствии с материалами Межгосударственного авиационного комитета (МАК) показан на рисунке 1.

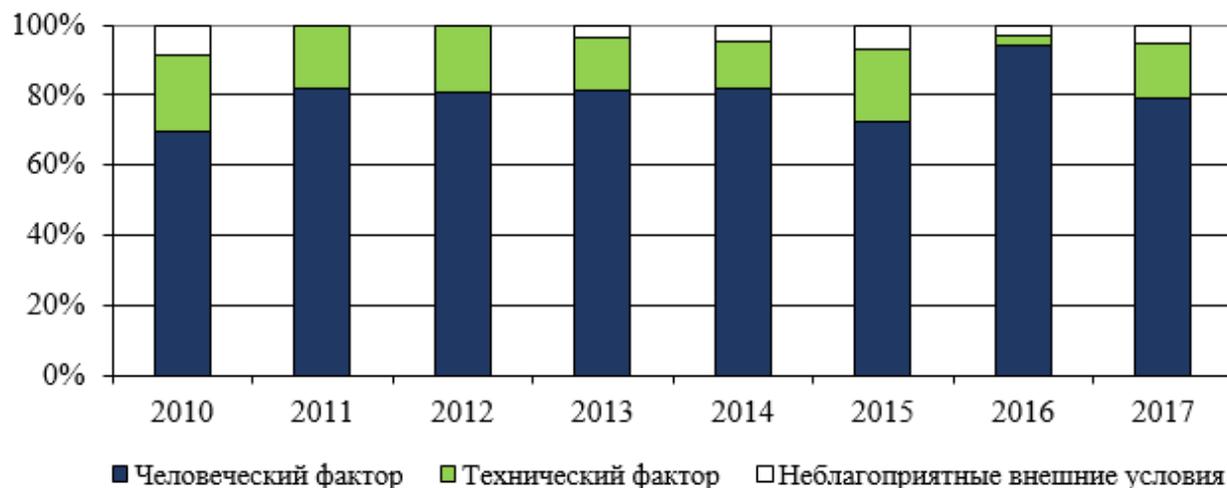


Рисунок 1 – Соотношение факторов, послуживших причиной 180 случаев АП, по годам

Все процессы эксплуатации АТ реализуются в условиях взаимосвязи ВС с окружающей их средой (внешней средой). Наиболее часто встречающиеся примеры АП, имевшие место как следствие воздействия внешней среды, произошли из-за метеоявлений (рисунок 2). Из 286 случаев АП в 2009-2016 гг. в 26 основной или сопутствующей причиной были НМУ¹.

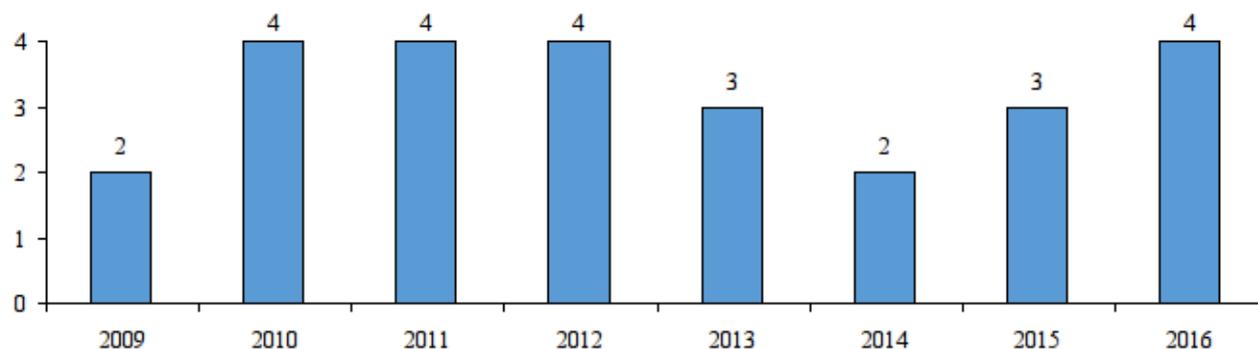


Рисунок 2 – Количество АП, произошедших в неблагоприятных метеоусловиях (в странах Содружества по данным МАК), по годам

¹ Хромов С. П. Метеорология и климатология: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. М.: МГУ, 2001. 528 с.

Влияние внешней среды на полёт воздушного судна

Сложные метеоусловия и опасные метеоявления всегда представляли и представляют угрозу для авиации. Чтобы понять серьёзность влияния погодных условий, рассмотрим подробнее самые опасные из них.

Сдвиг ветра. Ранее [Рыбалкина и др., 2018] обосновано негативное влияние значительных «сдвигов ветра» для полетов воздушных судов. Вертикальный сдвиг генерирует условия сваливания на крыло и потенциальное падение самолёта, не менее опасен горизонтальный сдвиг. Варианты схемы реакции самолета на сдвиг встречного (попутного) ветра при неприятии пилотом мер реагирования показаны на рисунке 3.

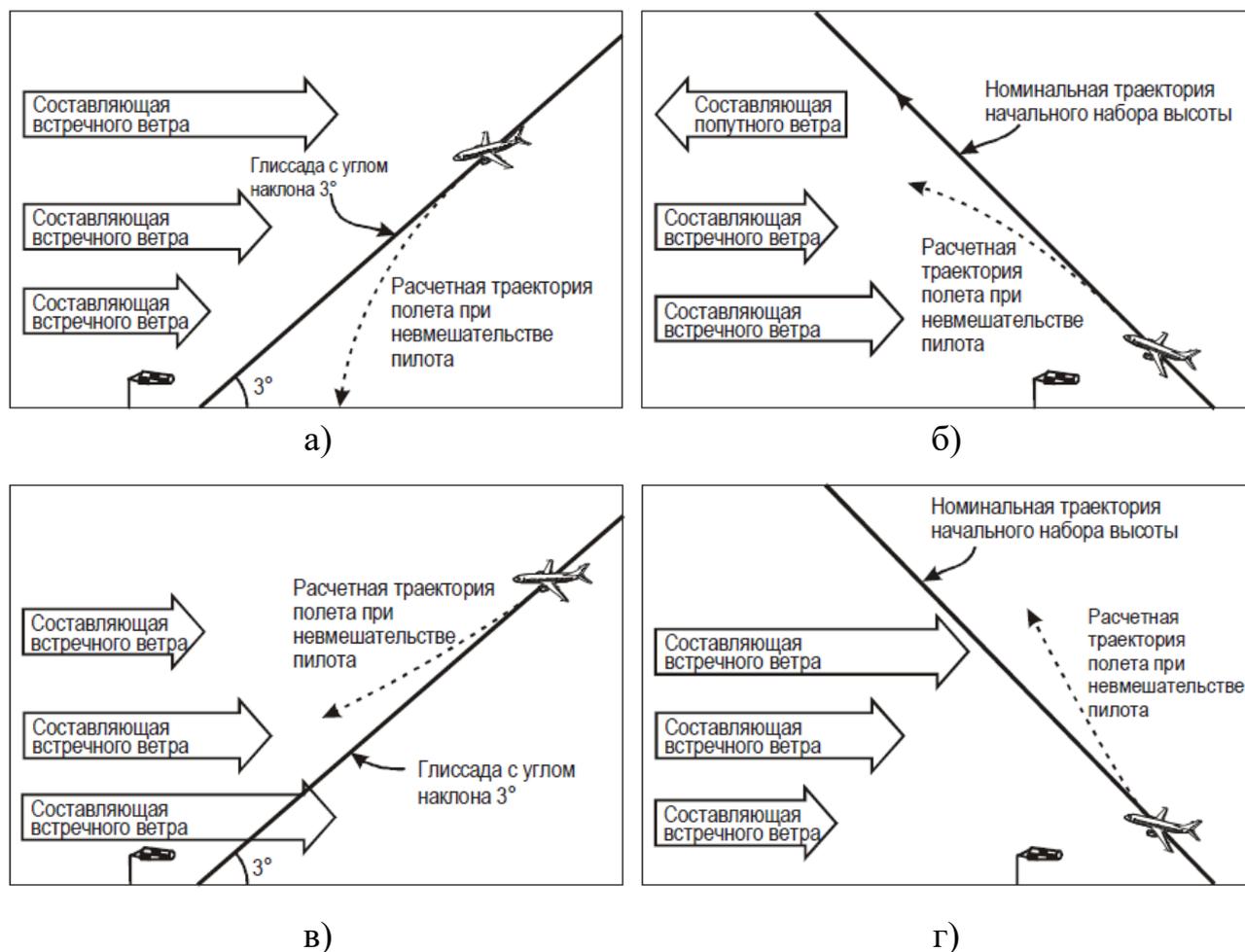


Рисунок 3 – Реагирование летательного аппарата (без воздействия пилота) при сдвиге встречного ветра: а, в – при взлете; б, г – при посадке; а, б – при ослабевании ветра; в, г – при усилении ветра

Атмосферная турбулентность, то есть быстрые значительные смещения летательного аппарата по вертикали, генерирующие интенсивную болтанку, относятся к числу особо опасных метеорологических атмосферных проявлений, что отражено в работах¹.

¹ Хромов С. П. Метеорология и климатология: учебник. 5-е изд., перераб. и доп. / С. П. Хромов, М. А. Петросянц. М.: МГУ, 2001. 528 с.

Возникновение в газовой оболочке нашей планеты областей с контрастными температурами создает поля ветров и генерирует турбулизацию потоков воздуха. Турбулентность, подразделяющаяся на орографическую (механическую), термическую (конвективную) и динамическую, разбалансирует действующие на летательные аппараты силы.

Облачность опасна визуальной дезориентировкой экипажа и необходимостью управлять по приборам. В облачных образованиях вероятны турбулентность, образование наледи на поверхности летательного аппарата, миражи и прочие явления, мешающие полёту.

Метеорологические явления, ухудшающие видимость, это осадки, метели, туманы, пыльные или песчаные бури и мгла [Рыбалкина и др., 2018]. При полёте в дождь видимость снижается до 4 км, в зоне снегопада до 1 ... 2 км. Особо опасны туманы, они даже приводят к закрытию аэропортов.

Обледенение – отложение во время полёта при мокром снеге, в облаках или тумане на внешних частях фюзеляжа, крыла, силовых установок и специальных устройств твердой воды. Это меняет состояние обтекания летательного аппарата потоком воздуха, растёт масса, баланс аэродинамических сил, мощность и тяга двигателей, возможность визуальной ориентировки для экипажа становятся иными.

Гроза – «атмосферное явление с многократными электрическими разрядами в виде молний, сопровождающихся громом» [Хайбуллов и др., 2022]. Грозы сопровождаются турбулентностью, генерирующей «болтанку» и перегрузки сверх штатных значений, обледенением, возможностью попадания молний в ВС, ливнями. В таких условиях часты сдвиг ветра, повреждения радиолокационной аппаратуры, повреждение двигателя, оплавление обшивки [Рыбалкина и др., 2017].

Электризация самолётов происходит в слоистых облаках и среди атмосферных осадков (снег, дождь). При движении в атмосфере «провоцируется» разряд в летательный аппарат даже ниже пробойной напряженности, при заправке авиатопливом возможен проскок искры и пожар со всевозможными последствиями [Средства и методы..., 1999]. Влияние свойств разнообразных облачных образований на величину заряда иллюстрирует рисунок 4.

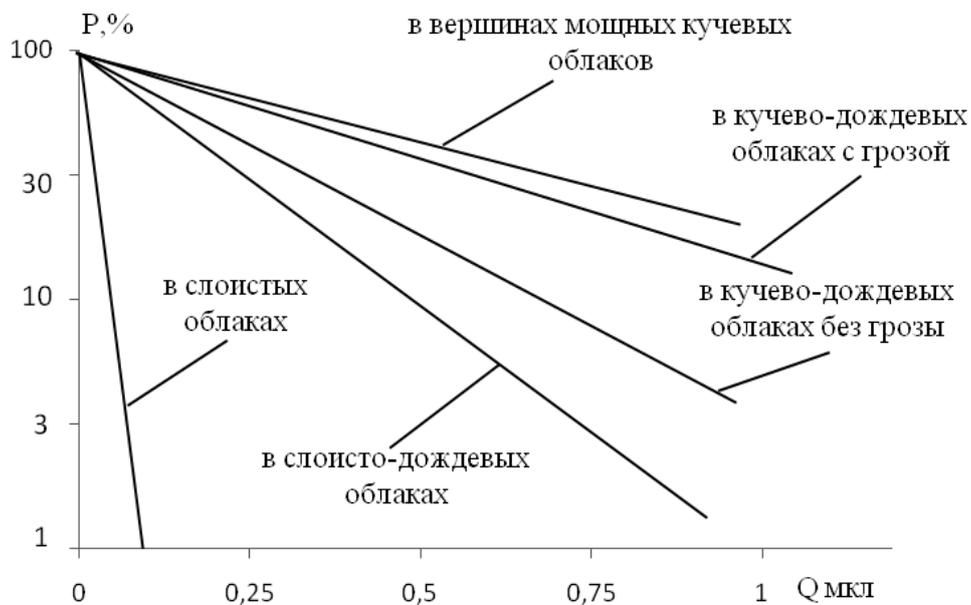


Рисунок 4 – Границы областей вероятности (P , %) приобретения летательным аппаратом заряда (Q мкКл) повышенной величины

Неблагоприятные метеорологические условия служат как основной причиной АП, так и могут выступать сопутствующим фактором. Преимущественно при АП происходит их совокупное с человеческим фактором воздействие.

Анализ причин АП с вертолётами (рисунок 5), сопровождавших воздействие неблагоприятных метеоусловий, подтвердил выводы [Камзолов, 1996] о том, что в большинстве случаев нарушается «метеоминимум», полёты производятся с нарушением правил визуальных полётов, или в условиях ограниченной видимости теряется пространственная ориентировка.



Рисунок 5 – Основные причины АП с вертолётами при неблагоприятных условиях за 2008-2014 гг.

Факторы метеоусловий, в наибольшей степени создающие и способствующие развитию условий, приводящих к АП, а также их доля в произошедших в ГА РФ негативных событиях в 2009-2016 гг. приведены на рисунке 6.



Рисунок 6 – Доля факторов неблагоприятных метеоусловий, повлиявших на авиационные происшествия

Влияние метеоусловия и опасные метеоявления в качестве причин АП чаще отмечаются с вертолётами, чем с самолётами, то есть риски эксплуатации вертолётов в трудных погодных условиях выше. Поэтому далее анализируется возможность снижения опасности пилотирования вертолётов методом предварительной оценки рисков от неблагоприятных атмосферных условий.

Влияние внешней среды на работоспособность человека

На человека, на его поведение и, конечно же, на совершаемые работником ошибки оказывают влияние разнообразные факторы, в том числе, связанные с условиями труда [Николайкин и др., 2013]. Во-первых, это социальные факторы: тяжесть и напряжённость труда, производственная среда, питание, условия быта, водоснабжения, отдыха и обучения. Далее, это факторы внешней среды – конкретной среды пребывания человека во время работы: микроклимат, освещённость, шумность, загазованность и т.п. на рабочем месте.

Определённое влияние на качество работы (скорость и безошибочность) авиационного персонала оказывают общая загазованность атмосферного воздуха продуктами основных технологических процессов, реализуемых на авиапредприятии (прежде всего отработавшие газы двигателей), электромагнитные и ионизирующие излучения, вибрация, а также сокращённый световой день (в высокоширотных зонах), пониженное атмосферное давление (в полёте, на высокогорных территориях), низкая влажность воздуха (в полёте) и высота рабочей зоны относительно основной площади производственного

помещения или грунта (работа на высоте при ТО ВС). Рассмотрим подробнее влияние различных факторов внешней среды на работоспособность человека.

Климат и температура. В среднем каждый житель города проводит до 85 % времени на работе. Чрезвычайно важно на рабочем месте, а также в производственных помещениях обеспечить климатические условия, соответствующие установленным нормам, способствующим безопасному и благоприятному выполнению работ.

Микроклиматом называют совместное действие температуры, влажности и скорости обдувания тела человека воздухом. Согласно российским санитарным нормам и правилам СанПиН 2.2.4.3359-16, оптимальным метеорологическим условиям (условиям комфорта) соответствуют $t = 20-22\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{отн} = 40-60\%$ и $\omega = \leq 0,2\text{ м/с}$. Такие условия рекомендуются в тёплый период года при уровне энергозатрат 175-232 Вт (состояние покоя или легкой физической работы, категория I I а).

При повышении температуры окружающей среды выше 25°C начинается физическое утомление, выше 30°C – умственная деятельность ухудшается, замедляется реакция, появляются ошибки¹. Холод увеличивает время реагирования и затормаживает движение. При температуре ниже 16°C ухудшается гибкость рук и пальцев, а при температуре 13°C показатель гибкости рук уменьшается на 50%.

Освещение на рабочем месте. Освещение рабочего места является важным фактором окружающей и производственной среды. В условиях ГА при техническом обслуживании при неудовлетворительной освещённости зоны обслуживания снижается качество выполненных работ, могут остаться незамеченными трещины, потёртости, течи топлива, масел, спецжидкостей и т.п. предвестники неполадок, в итоге всё это влияет на БП. Плохое освещение перрона, стоянок авиатехники, рулежных дорожек может послужить причиной тяжелых последствий (инцидентов и АП).

Основополагающий фактор продуктивной работы – правильно подобранный свет: ошибки могут привести к проблемам со зрением и к повышенной усталости. В работе² представлена зависимость остроты зрения от различных условий освещённости (рисунок 7).

¹ Вудсон У. Справочник по инженерной психологии для инженеров и художников-конструкторов / У. Вудсон, Д. Коновер. М.: МИР, 1968. 518 с.

² Денисов Б. Г. Авиационная инженерная психология / Б. Г. Денисов, В. Ф. Онищенко, А. В. Скрипец. М.: Машиностроение, 1983. 233 с.

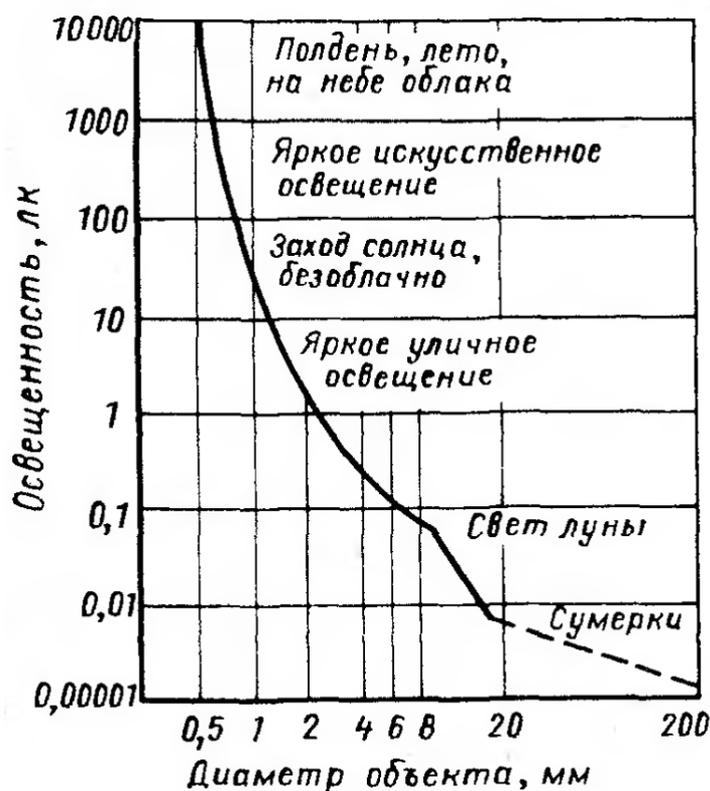


Рисунок 7 – Зависимость остроты зрения от различных условий освещенности при наблюдении оператором объекта, удаленного на 6 м (перегиб кривой на рисунке соответствует переходу от колбочкового к палочковому зрению)

Шумы в авиации. Шум представляет собой конгломерат разных звуков, мешающих работе, чаще всего это сочетание звуков различной частоты и интенсивности. При длительном шуме человек быстро утомляется и испытывает упадок работоспособности.

Существенными источниками шума летательных аппаратов преимущественно из-за турбулизации потоков газа/воздуха выступают все типы высокооборотных двигателей, включая спецтранспорт, массово представленные на авиапредприятиях.

В спектре шумов, генерируемых летательными аппаратами всех типов, присутствуют звуки полного состава октавных полос слышимого человеком диапазона, таким образом, их относят к кластеру широкополосных [Шум в салонах..., 1986]. В рабочей зоне всего летного состава практически во всех случаях фиксировалось превышение уровня звука более 100 при норме 85 дБА. В рабочей зоне инженерного состава при работах по поддержанию летной годности ВС различного типа измеренный уровень звуков оказывался значительно выше. Экстремальные значения установлены в середине спектра и при высоких частотах звуковых колебаний. Некоторые характеристики звуков, зафиксированные в рабочих зонах, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Уровни звукового давления (УЗД) и шума в рабочей зоне некоторых категорий авиаспециалистов по [Действие авиационного..., 2009].

Категория работников	УЗД (дБ) в диапазоне частот 31,5 ... 8 000 Гц	Место максимума УЗД (дБ) в полосе частот (Гц)	Шум (уровень, дБА)
ЛС ИБА*	69 - 106	500 - 1000	103 - 109
ЛС ВТА**	60 - 110	125 - 250	101 - 104
ЛС В***	72 - 103	31,5 - 250	99 - 102
ИТП	96 - 123	500 - 4000	108 - 129

Примечание: * ЛС ИБА – лётный состав истребительно-бомбардировочной авиации;
 ** ЛС ВТА – лётный состав военно-транспортной авиации;
 *** ЛС В – лётный состав вертолётов.

Электромагнитное излучение (ЭМИ), которое часто называют «неионизирующим», является постоянно действующим фактором окружающей среды. Резкие, особенно скачкообразные изменения активности Солнца, иных аналогичных абиотических факторов окружающей среды, включая в том числе импульсные техногенные радио и электромагнитные излучения, не могут не сказываться на процессах жизнедеятельности организма человека. Так, количество ретрансляционных генераторов и приемно-передающих антенн сотовых операторов стремительно растет. Они неосмотрительно располагаются в опасной близости к жилым и производственным зданиям, в частности, на объектах ГА (аэропорты, аэродромы, ВС и многие другие).

Ранее [О необходимости и возможности..., 2017] проанализированы отчеты о расследовании АП за последние десятилетия. Так, только за 2014 год выявлено, что среди 22 АП в 6 случаях были отмечены «неясные» причины поведения членов экипажа. Пилоты делали ошибки в абсолютно нормальных условиях полёта, при этом не было выявлено каких-либо усложняющих факторов в процессе предполётного отдыха и плохих метеоусловий.

Значительная часть авиаперевозок в ГА РФ осуществляется вертолётами. Анализ статистики АП за 2012-2016 гг. свидетельствует о том, что к АП с вертолётами в 65 % случаев приводят ошибки экипажей. Среди АП, к которым привели неправильные действия при пилотировании и навигации, 33 % случаев связаны с ошибками в ориентировке и/или с неосмотрительностью [Карибов, 2017]. В этих случаях также никаких технических сбоев, осложненных метеоусловий, недостатков подготовки, опыта (стажа работы) экипажа отмечено не было.

Изменение психофизиологического состояния человека при резком скачкообразном изменении интенсивности фоновых электромагнитных полей, возникающих при гео- гелиомагнитных возмущениях изучено авторами и опубликовано в работе [Effects of Electromagnetic Fields..., 2022]. Для идентификации постоянства нервных процессов на примере реакции добровольцев была проведена оценка зрительно-моторной реакции на световые раздражители (стабильность и уровень реагирования). Установлено наличие

ошибок, измерено среднее время их реакции M (мс), рассчитано среднеквадратичное отклонение среднего времени реакции (СКО).

Полученные результаты иллюстрируются на рисунке 8, где по горизонтальной оси приводятся номера дней, в которые у испытуемых по методике Холтеровского (суточного) мониторирования ЭКГ [Баевский и др., 2000] оценивалось состояние их здоровья.

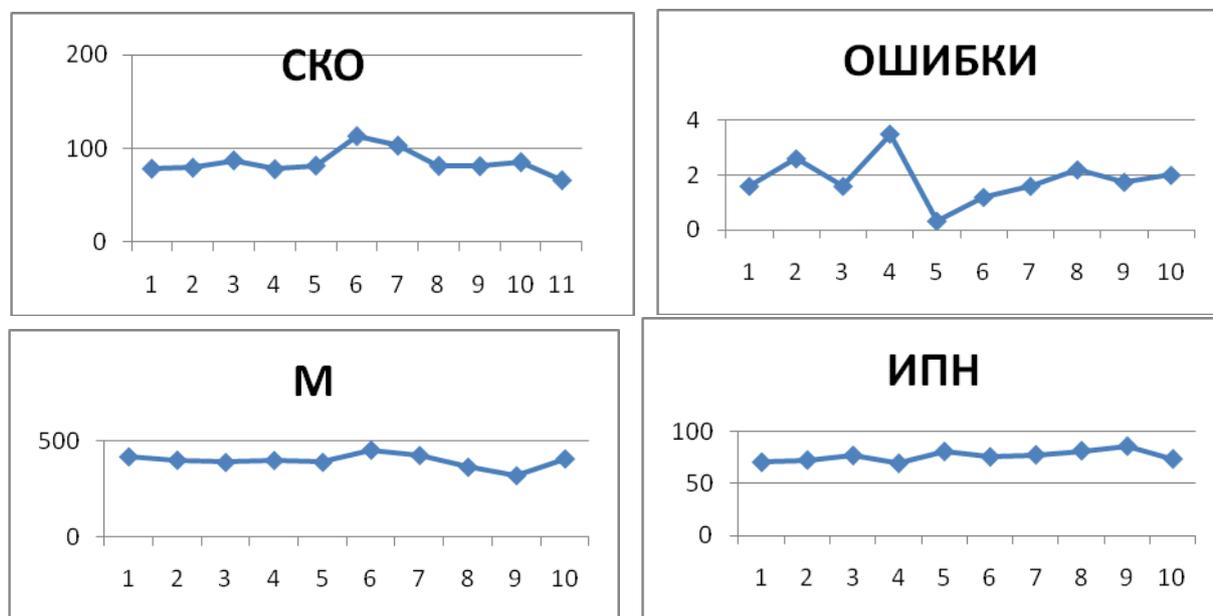


Рисунок 8 – Среднесуточные показатели сложной зрительно-моторной реакции

Таким образом, безусловно, от слаженной и грамотной работы специалистов в области ГА зависит безопасность и регулярность полётов. При этом факторы внешней среды не должны оказывать неблагоприятного воздействия как на пилота-оператора, понижая его работоспособность, так и на работу персонала, осуществляющего техническое обслуживание ВС и подготовку к полётам.

Методика учета влияния внешней среды

Для определения величины риска на предстоящий полёт существует методика (FRAT) [Flight Risk Assessment Tools..., s.a.; Steuernagle, 2015], оценивающая в баллах уровень риска на этапе планирования полёта. Рассчитанное значение сравнивается с пороговыми, и предлагаются корректировки [Гузий и др., 2006]. По FRAT оцениваются 3 категории факторов риска:

- квалификация членов лётного экипажа ВС;
- условия эксплуатации ВС;
- оборудование ВС.

В случаях АП с вертолетами встречаются специфические метеоусловия, серьезно влияющие на БП, поэтому ранее [Рыбалкина и др., 2018] для вертолётов были предложены специальные метеорологические показатели. Однако этот перечень предлагается расширить, включив показатели влияния на

экипаж условий среды их пребывания (внешней среды), как показано в таблице 2.

Таблица 2 – Оценка рисков дополнительных факторов опасности для экипажей вертолетов

Фактор опасности	Риск баллы)
Факторы, предложенные в [Рыбалкина и др., 2018]	
Образование тумана на маршруте полёта	3
Сильный снегопад и метель на аэродроме 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 полёта на одном двигателе	3
Отсутствие у пилота опыта взлетов/посадок с предельной составляющей бокового ветра	3
Факторы среды пребывания экипажа	
Повышенная температура в кабине экипажа в летний период	3
Недостаточное отопление в кабине экипажа в холодный период	3
Недостаточная яркость приборов	4
Ослепление пилота солнечными лучами	4
Наличие возмущений солнечной активности	3
Повышенный уровень шума в кабине экипажа	3
Наличие вибраций кабины экипажа	3

В связи с расширением номенклатуры позиций в перечне факторов опасности для летчиков вертолетов необходимо определить новые пороговые уровни по следующему алгоритму.

А. Исходные параметры FRAT в методике-прототипе [Рыбалкина и др., 2018]: сумма баллов $R_m = 146$; уровни рисков – $R_j = 20$; $R_r = 25$.

Б. Отношения и «желтого» K_j , и «красного» K_r уровней к максимальному значению:

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

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

В. Сумма с добавленными факторами (табл. 2) $R = 55$ баллов.

Г. Новая максимальная сумма $R_{m1} = R_m + R = 146 + 55 = 201$ баллов.

Д. Новые пороговые уровни с расширенной номенклатурой факторов:

$$R_{j1} = \frac{R_{m1}}{K_j} = \frac{201}{7,3} = 27.$$

$$R_{r1} = \frac{R_m}{K_r} = \frac{201}{5,84} = 34.$$

Таким образом, на основе FRAT методики-прототипа [Рыбалкина и др., 2018] с дополнением семи факторов среды пребывания экипажа в раздел «Условия эксплуатации ВС», предложена «Методика оценки рисков на предстоящий полёт» для вертолётов. Алгоритм действий по новой методике аналогичен алгоритму методики-прототипа. Итоговое оценивание по «светофорной» схеме: «зеленый» (0 ... 26 баллов) – условия благоприятны; «желтый» (27 ... 33 балла) – повышенное внимание, «красный» – необходимы парирующие мероприятия.

Заключение

Деятельность любого персонала в области ГА связана с обеспечением БП. При этом факторы внешней среды оказывают неблагоприятное воздействие как на технику (неблагоприятные метеоусловия), так и на человека, понижая его работоспособность.

Одним из эффективных методов повышения БП и предотвращения АП является разработка и использование методик проактивного управления риском. Применение предложенной методики оценки риска предстоящего полёта позволяет выявлять полёты с повышенным уровнем риска и заблаговременно проводить мероприятия по его уменьшению.

Библиографический список

- Баевский Р. М.* Холтеровское мониторирование в космической медицине: анализ variability сердечного ритма / Р. М. Баевский, Г. А. Никулина // Вестник аритмологии. 2000. №16. С. 6-16.
- Гузий А. Г.* Методологический подход к априорной оценке эффективности мероприятий по предотвращению авиационных происшествий / А. Г. Гузий, В. Д. Шаров // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. 2006. №6. С.76-79.
- Действие авиационного шума на орган слуха специалистов Военно-Воздушных Сил / В. Н. Зинкин, С. К. Солдатов, П. М. Шешегов, С. В. Елефиренко, В. Г. Миронов // Военно-медицинский журнал. 2009. Т. 330. №3. С. 54-58.
- Камзолов С. К.* Основные поражающие факторы при воздействии молнии на воздушное судно // Обеспечение безопасности полетов в сложных метеоусловиях: межвузовский сборник научных трудов. М.: МГТУ ГА, 1996. С. 3-8.

Карибов Д. П. Анализ статистики авиапроисшествий с вертолетами ГА РФ 2012–2016 годы // Aviation Explorer // [Электронный ресурс]. 2017. URL: <https://www.aex.ru/docs/4/2017/10/12/2664/> (дата обращения: 15.01.2023)

Николайкин Н. И. Методология оценки влияния условий труда персонала авиапредприятий на риски в авиатранспортных процессах / Н. И. Николайкин, Ю. Г. Худяков // Научный вестник МГТУ ГА. 2013. № 197. С. 115-119.

О необходимости и возможности снижения воздействия человеческого фактора на безопасность полётов / Н. И. Николайкин, В. В. Цетлин, С. А. Савчуков, З. В. Пожелуева, Е. Ю. Старков // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2017. № 2. С. 201-218.

Рыбалкина А. Л. Методика оценки риска предстоящего полета для вертолетов с учетом неблагоприятных метеоусловий / А. Л. Рыбалкина, Е. И. Трусова, В. Д. Шаров // Научный вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21. № 6. С. 124-140. DOI 10.26467/2079-0619-2018-21-6-124-140.

Рыбалкина А. Л. Уменьшение вероятности попадания электрических разрядов на воздушные суда в районе малых аэродромов / А. Л. Рыбалкина, А. С. Спирин, Е. И. Трусова // Инновации в гражданской авиации. 2017. Т. 2. № 2. С. 99-105.

Рыбалкина А. Л. Уменьшение влияния неблагоприятных внешних условий в аэропортах местного значения / А. Л. Рыбалкина, А. С. Спирин, Е. И. Трусова // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2018. Т. 21. № 3. С. 101-114. DOI 10.26467/2079-0619-2018-21-3-101-114.

Средства и методы противомолниевой защиты самолетов / В. М. Зосимов, Б. В. Зубков, С. К. Камзолов, М. Г. Голубева, С. А. Тепнадзе. Тбилиси: Профиздат, 1999. 321 с.

Хайбуллов М. В. Прогнозирование гроз в аэропорту г. Сочи / М. В. Хайбуллов, И. А. Иванова // Проблемы физики атмосферы, климатологии и мониторинга окружающей среды : Доклады IV Международной научной конференции, Ставрополь, 23–25 мая 2022 года. Ставрополь: Северо-Кавказский федеральный университет, 2022. С. 234-239.

Шум в салонах пассажирских самолетов. Ч. 2 / А. Г. Мунин, Б. М. Ефимцов, Л. Я. Кудисова и др. Москва: Машиностроение, 1986. 258 с.

Effects of Electromagnetic Fields on Aviation Personnel, Their Behavior, and Erroneous Actions / V. Tsetlin, G. Stepanova, N. Nikolaykin, N. Korepina // Lecture Notes in Machine Engineering (LNME): Proceedings of 10th International Conference on Recent Advances in Civil Aviation. 2022. Pp. 383-392. DOI: 10.1007/978-981-19-3788-0_34.

Flight Risk Assessment Tools: Federal Aviation Administration // [Электронный ресурс]. URL: <https://www.faa.gov/newsroom/safety-briefing/flight-risk-assessment-tools> (дата обращения: 06.03.2023).

Steuernagle J. FAAST FRAT FAQs Federal Aviation Administration: Recourses // [Электронный ресурс]. 2015. URL: https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/libview_normal.aspx?id=105777 (25.02.2023).

References

Baevskij R. M., Nikulina G. A. (2000). Holter monitoring in space medicine: analysis of heart rate variability. *Bulletin of Arrhythmology*. 16: 6-16. (in Russian)

Effects of Electromagnetic Fields on Aviation Personnel, Their Behavior, and Erroneous Actions / V. Tsetlin, G. Stepanova, N. Nikolaykin, N. Korepina // *Lecture Notes in Machine Engineering (LNME): Proceedings of 10th International Conference on Recent Advances in Civil Aviation*. 2022. 383-392. DOI: 10.1007/978-981-19-3788-0_34.

Flight Risk Assessment Tools. Federal Aviation Administration // [Electronic resource]. URL: <https://www.faa.gov/newsroom/safety-briefing/flight-risk-assessment-tools> (accessed 06.03.2023).

Guzij A. G., Sharov V. D. (2006). Methodological approach to a priori assessment of the effectiveness of measures to prevent accidents. *Safety and emergencies problems*. 6: 76-79. (in Russian)

- Hajbullov M. V., Ivanova I. A. (2022). Forecasting thunderstorms at Sochi airport. *Problemy fiziki atmosfery, klimatologii i monitoringa okruzhayushchej sredy*: Doklady Mezhdunarodnoj NK. May 23 – 25, 2022. Stavropol: 234-239. (in Russian)
- Kamzolov S. K. (1996). The main damaging factors when exposed to lightning on an aircraft. *Obespechenie bezopasnosti poletov v slozhnyh meteousloviyah: mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov*. Moscow: 3-8. (in Russian)
- Karibov D. P. Analysis of the statistics of air accidents with helicopters of the General Aviation Administration of the Russian Federation 2012-2016. // [Electronic resource]. 2017. URL: <https://www.aex.ru/docs/4/2017/10/12/2664/> (accessed 15.01.2023). (in Russian)
- Munin A. G., Efimtsev B. M., Kudisova L. Ya. et al. (1986). Noise in passenger aircraft cabins. Part 2. Moscow. 1986. 258 p. (in Russian)
- Nikolaykin N. I., Khudyakov Yu. G. (2013). Airlines staff working conditions methodology assessment impact at risk of air transport processes. *Civil Aviation High Technologies (Nauchnyi Vestnik MGTU GA)*. 1197: 115-119. (in Russian)
- Nikolaykin N. I., V. V. Cetlin, S. A. Savchukov, Z. V. Pozhelueva, E. YU. Starkov. (2017). Concerning the need and possibility of decreasing the human factor influences on flight safety. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 2: 201-218. (in Russian)
- Rybalkina A. L., Spirin A. S., Trusova E. I. (2017). Reducing probability of electrical discharges on aircraft in the area of small airfields. *Innovations In Civil Aviation*. 2(2): 99-105. (in Russian)
- Rybalkina A. L., Trusova E. I., Sharov V. D. (2018). Risk assessment methodology for a forthcoming flight of helicopters taking into account unfavorable meteorological conditions. *Civil Aviation High Technologies (Nauchnyi Vestnik MGTU GA)*. 21(6): 124-140. (in Russian)
- Rybalkina A. L., Spirin A. S., Trusova E. I. (2018). Reducing influence of adverse external conditions in the local airports. *Nauchnyy Vestnik MGTU GA*. 21(3): 101-114. DOI 10.26467/2079-0619-2018-21-3-101-114 (in Russian)
- Steuernagle J. FAAST FRAT FAQs Federal Aviation Administration // [Electronic resource]. 2015. URL: https://www.faasafety.gov/gslac/ALC/libview_normal.aspx?id=105777 (accessed 25.02.2023).
- Zinkin V. N., Soldatov S. K., Sheshegov P. M., Elefirenko S. V., Mironov V. G. (2009). The effect of aircraft noise on the hearing organ of Air Force specialists. *Military Medical Journal*. 330(3): 54-58. (in Russian)
- Zosimov V. M., Zubkov B. V., Kamzolov S. K., Golubeva M. G., Tepnadze S. A. (1999). Means and methods of anti-lightning protection of aircraft. Tbilisi: 1999. 321 p. (in Russian)