

**МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ**

УДК 629.735.33

DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-3-101-114

**УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ В АЭРОПОРТАХ МЕСТНОГО ЗНАЧЕНИЯ**

**А.Л. РЫБАЛКИНА<sup>1</sup>, А.С. СПИРИН<sup>2</sup>, Е.И. ТРУСОВА<sup>1</sup>**

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

<sup>2</sup>*Лианозовский электромеханический завод, г. Москва, Россия*

Проблема воздействия на воздушное судно неблагоприятных метеоусловий, в том числе электрических разрядов, продолжает оставаться актуальной. Для благополучного выполнения полетов авиация как вид транспорта должна обеспечить безопасность, регулярность и экономичность воздушных перевозок. В решении выше перечисленных задач всегда активное участие принимает авиационная метеорология, так как от своевременного прогнозирования неблагоприятных метеоусловий зависит безопасность полетов. Современное аэродромное и самолетное оборудование, а также новая метеорологическая техника помогли повысить безопасность полетов, и снизить количество авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными метеоусловиями, однако это не позволило решить все проблемы метеорологического обеспечения гражданской авиации. Особо остро данная проблема стоит в аэропортах местного значения, где зачастую отсутствуют какие-либо средства метеообеспечения и предупреждения об опасных явлениях погоды или их недостаточно. В статье проанализированы различные неблагоприятные метеоусловия, их влияние на воздушные суда, приведена статистика связанных с неблагоприятными метеоусловиями авиационных происшествий и показана доля метеоусловий среди факторов, влияющих на безопасность полетов. Особое внимание в статье уделено проблеме электрических разрядов на воздушные суда. Проанализированы последствия попадания электрических разрядов на воздушные суда, а также способствующие электрическим разрядам метеоусловия. В целях повышения безопасности полетов в аэропортах местного значения предложено создание мобильных пунктов сбора, обработки и передачи данных метеорологической информации, территориально разнесенных по зоне аэродрома, что позволяет создать мобильную сеть метеорадиолокаторов. Приведена структурная схема развертывания мобильной сети метеорадиолокаторов.

**Ключевые слова:** метеоинформация, электрические разряды на воздушные суда, мобильная сеть метеорадиолокаторов.

**ВВЕДЕНИЕ**

В мировой авиационной практике известно множество случаев авиационных происшествий, связанных с попаданием воздушных судов в неблагоприятные метеоусловия, в том числе актуальной является проблема воздействия электрических разрядов на воздушные суда.

Современное аэродромное и самолетное оборудование, а также новая метеорологическая техника помогли повысить безопасность полетов и снизить количество авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными метеоусловиями, однако это не позволило решить все метеорологические проблемы обеспечения гражданской авиации.

Применяемое оборудование для обеспечения безопасности полетов в сложных метеоусловиях не исключает зависимость авиации от погоды. Особо остро данная проблема стоит в аэропортах местного значения, где зачастую отсутствуют какие-либо средства метеообеспечения и предупреждения об опасных явлениях погоды или их недостаточно. Не редки и случаи поражения воздушных судов молниями [1], а также их электризация. Поэтому в работе рассматривается задача снижения воздействия неблагоприятных метеоусловий, в частности воздействия электрических разрядов на воздушные суда путем создания мобильной сети метеорадиолокаторов.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ИЗУЧЕНИЯ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНЫХ ВНЕШНИХ УСЛОВИЙ

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

От условий погоды зависит безопасность полетов, под которой понимают состояние, при котором риски, связанные с авиационной деятельностью, относящейся к эксплуатации воздушных судов или непосредственно обеспечивающей такую эксплуатацию, снижены до приемлемого уровня и контролируются<sup>1</sup> [2]. Обеспечение безопасности полетов является важнейшей задачей, направленной на снижение числа авиационных происшествий и инцидентов [3].

На рис. 1 показано количество авиационных происшествий в гражданской авиации РФ<sup>2,3</sup>. Из графика следует, что наблюдается рост числа авиационных происшествий.



Рис. 1. Количество авиационных происшествий в гражданской авиации РФ за 2005–2016 гг.  
Fig. 1. The number of accidents in the Russian Federation civil aviation for 2005–2016

Факторы, влияющие на безопасность полетов, можно разделить на человеческий, технический и неблагоприятные внешние условия [4, 5]. Более подробно рассмотрим неблагоприятные внешние условия, к которым относятся события или явления во внешней среде, создающие угрозу безопасности полета: неблагоприятные метеорологические условия, большие скопления птиц в воздухе, наличие спутных следов от ранее пролетевших самолетов и т. д.

Распределение факторов, обусловивших авиационные происшествия за пять лет представлены на рис. 2<sup>4,5</sup>. Наибольшее количество авиационных происшествий (79 %) связано с человеческим фактором, 19 % связано с отказами и неисправностями авиационной техники, 2 % – с неблагоприятными внешними условиями.

<sup>1</sup> Приложение 19 к Конвенции о международной гражданской авиации. Управление безопасностью полетов [Электронный ресурс]. URL: [http://www.icao.int/Annexes/Annex19\\_cons\\_ru.pdf](http://www.icao.int/Annexes/Annex19_cons_ru.pdf) (дата обращения: 23.12.17).

<sup>2</sup> Межгосударственный авиационный комитет. Информация. Доклады о состоянии безопасности полетов в гражданской авиации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mak.ru/> (дата обращения: 11.04.16).

<sup>3</sup> Межгосударственный авиационный комитет. Отчеты о состоянии безопасности полетов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/> (дата обращения: 23.12.17).

<sup>4</sup> Межгосударственный авиационный комитет. Информация. Доклады о состоянии безопасности полетов в гражданской авиации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mak.ru/> (дата обращения: 11.04.16).

<sup>5</sup> Межгосударственный авиационный комитет. Отчеты о состоянии безопасности полетов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/> (дата обращения: 23.12.17).



Рис. 2. Факторы, определившие авиационные происшествия в 2010–2015 гг.  
Fig. 2. Factors that determined the accidents in 2010–2015

Неблагоприятные внешние условия, помимо основной причины авиационного происшествия, могут также выступать в качестве сопутствующего фактора, как показано в табл. 1. В большом количестве авиационных происшествий прослеживается совокупное воздействие неблагоприятных внешних условий и человеческого фактора.

Таблица 1  
Table 1

Количество и доля авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными внешними условиями

The number and percentage of accidents associated with adverse external conditions

Год	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Авиационные происшествия	25	24	24	38	40	29	38
Авиационные происшествия, связанные с неблагоприятными внешними условиями	6	3	3	7	5	4	5
Доля авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными внешними условиями, %	24	12,5	12,5	18,4	12,5	13,8	13,2

Таким образом, необходимо более подробно изучить и проанализировать авиационные происшествия, в которых имело место воздействие неблагоприятных внешних условий.

При рассмотрении авиационных происшествий, связанных с воздействием неблагоприятных внешних условий, с самолетами (рис. 3) чаще всего имеют место нарушение метеоминимума и потеря пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости [6]. Для вертолетов (рис. 4) также наибольшее количество авиационных происшествий связано с нарушением метеоминимума. Помимо этого, часто отмечаются: полеты в условиях, не соответствующих правилам визуальных полетов, а также потеря пространственной ориентировки в условиях ограниченной видимости.



Рис. 3. Распределение причин авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными внешними условиями, для самолетов в 2008–2014 гг.

Fig. 3. Distribution of the causes of accidents related to unfavorable external conditions for aircraft in 2008–2014



Рис. 4. Распределение причин авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными внешними условиями, для вертолетов в 2008–2014 гг.

Fig. 4. Distribution of the causes of accidents related to unfavorable external conditions for helicopters in 2008–2014

Из диаграмм видно, что большинство авиационных происшествий, связанных с неблагоприятными внешними условиями, обусловлено влиянием различных метеоусловий. На рис. 5 показано изменение количества авиационных происшествий<sup>6,7</sup>, связанных с влиянием метеоусловий за 2009–2016 гг. Начиная с 2013 г. наблюдалась тенденция к снижению авиационных происшествий, а с 2015 г. число авиационных происшествий увеличивается.

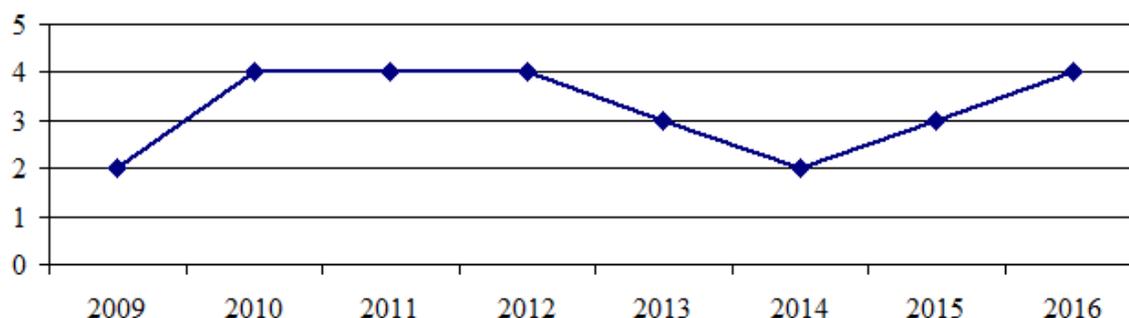


Рис. 5. Количество авиационных происшествий в гражданской авиации РФ, связанных с влиянием метеоусловий, за 2009–2016 гг.

Fig. 5. The number of accidents in the Russian Federation civil aviation, associated with meteorological conditions influence, for 2009–2016

Наиболее частыми погодными условиями, в которых возникают проблемы, являются (рис. 6): дымка, ливневые осадки, ограниченная видимость, кучево-дождевая облачность, сильный порывистый ветер, а также наличие снегопада или метели.



Рис. 6. Виды неблагоприятных метеоусловий, оказавших влияние на развитие авиационных происшествий в гражданской авиации РФ за 2009–2016 гг.

Fig. 6. Types of unfavorable weather conditions that influenced the aviation accidents development in the Russian Federation civil aviation for 2009–2016

<sup>6</sup> Межгосударственный авиационный комитет. Информация. Доклады о состоянии безопасности полетов в гражданской авиации [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mak.ru/> (дата обращения: 11.04.16).

<sup>7</sup> Межгосударственный авиационный комитет. Отчеты о состоянии безопасности полетов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mak-iac.org/rassledovaniya/bezopasnost-poletov/> (дата обращения: 23.12.17).

Также был выявлен ряд проблем, связанных с неполучением экипажем актуальной информации о неблагоприятных метеоусловиях. В их числе: неоправдавшийся прогноз погоды, отсутствие прогноза погоды по маршруту и случаи, когда экипаж за метеоинформацией не обращался.

## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, СОСТАВЛЯЮЩИХ НЕБЛАГОПРИЯТНЫЕ МЕТЕОУСЛОВИЯ

Проанализируем факторы, составляющие неблагоприятные метеоусловия, и их влияние на воздушные суда.

1. Ветер, сдвиг ветра. Наличие продольного ветра приводит к изменению длины разбега ВС. При наличии бокового ветра самолет может начать разворачивать против ветра из-за силы, которую этот ветер создает, что может привести на посадке к приземлению вне взлетно-посадочной полосы<sup>8</sup>.

Также опасны для авиации сильные сдвиги ветра. При горизонтальном сдвиге ветра ВС может лететь выше или ниже расчетной траектории. Вертикальный сдвиг ветра может привести к полету ниже расчетной траектории, срыву потока, сваливанию самолета на крыло и к возможному столкновению воздушного судна с землей.

2. Атмосферная турбулентность. Атмосферная турбулентность вызывает интенсивную болтанку самолетов. Изменяются высота, курс и скорость полета; устойчивость и управляемость самолета ухудшаются; а износ отдельных агрегатов и узлов увеличивается.

3. Облачность и ограниченная видимость. Полеты в облаках или при плохой видимости опасны тем, что, во-первых, отсутствует визуальная ориентировка и ухудшаются условия видимости из кабины самолета. Во-вторых, пилотирование можно выполнять только по приборам. В-третьих, при полете в облаках, а также в зоне плохой видимости возникает или опасная турбулентность, или обледенение воздушных судов. Также могут возникать другие опасные явления погоды, возможны миражи и цветные дымки, которые очень затрудняют полет.

4. Метеорологические явления, ухудшающие видимость: осадки, метели, туманы, пыльные или песчаные бури и мгла. При метелях на аэродромах возникают снежные заносы [5], затрудняющие, а иногда на какой-то срок и исключающие, работу авиации. Опасность пыльных (песчаных) бурь заключается в плохой видимости, сильном ветре и сильной турбулентности в нижнем слое атмосферы. Полет в зоне переохлажденного дождя и снега, помимо ухудшения видимости, опасен возможностью обледенения.

5. Обледенение. В результате обледенения изменяются аэродинамические условия обтекания самолета воздушным потоком [7], а также увеличивается масса самолета и нарушается равновесие аэродинамических сил. Последствия обледенения могут быть самыми разными, начиная от ухудшения радиосвязи, потери визуальной ориентировки до попадания кусков льда в двигатель. Поэтому сильное обледенение является существенной проблемой для авиации.

6. Грозы и шквалы. Грозы опасны интенсивной турбулентностью в облаках, способной вызвать сильную болтанку и перегрузки, превышающие предельно допустимые значения; сильным обледенением на высотах, где температура воздуха ниже 0 °С; возможностью поражения самолета молниями; интенсивными ливневыми осадками.

Град также представляет серьезную опасность для полетов. При ударе градин о поверхность самолета могут возникать различные повреждения [7] – от вмятин на поверхности до разгерметизации кабины и пассажирского салона.

7. Электризация самолетов. Электризации самолетов способствуют электрические свойства облаков, осадков, а также характеристика самого самолета и режим полета. В полете электрический заряд «провоцирует» разряд молнии в самолет даже в тех случаях, когда напряжен-

<sup>8</sup> ICAO Doc 9817 Руководство по сдвигу ветра на малых высотах [Электронный ресурс]. 2005. URL: [http://aviadocs.com/icaodocs/Docs/9817\\_cons\\_ru.pdf](http://aviadocs.com/icaodocs/Docs/9817_cons_ru.pdf) (дата обращения: 23.12.17).

ность электрического поля (без самолета) в воздухе еще не достигла пробивной напряженности. А после посадки при заправке самолета топливом может проскочить искра между заправочным пистолетом и открытой горловиной топливного бака со всеми вытекающими отсюда последствиями. Более подробно вопросы электризации самолетов рассмотрены далее.

### ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ РАЗРЯДЫ НА ВОЗДУШНЫЕ СУДА КАК ФАКТОР, ВЛИЯЮЩИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

Проблемы, связанные с взаимодействием атмосферного электрического разряда с движущимся летательным аппаратом, возникли с появлением авиации. Попадание молний в воздушные суда может привести к авиационным происшествиям и инцидентам.

Но так как все современные модели пассажирских и военных самолетов имеют защиту от удара молнии в обшивку, то чаще имеют место инциденты, связанные с электрическими разрядами на воздушное судно в полете. На рис. 7 показаны пути тока молниевых разрядов при различных вариантах входа и выхода [8].

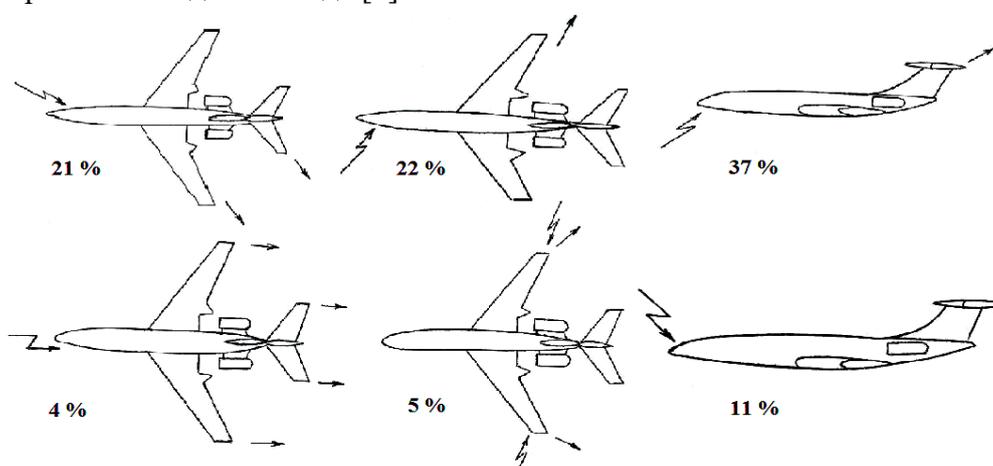


Рис. 7. Пути тока молниевых разрядов при различных вариантах входа и выхода  
Fig. 7. Current paths of a lightning discharge for various types of input and output

По статистике, современный авиалайнер встречается с молнией в среднем каждые 2000–3000 часов полета<sup>9</sup> [13]. К наиболее частым последствиям попадания электрических разрядов в воздушные суда относятся (рис. 8): повреждение обтекателя радиолокационной станции, обгорание электрических разрядников, повреждение двигателя, оплавление обшивки воздушного судна.

Воздействуя на металлические элементы конструкции, молния может быть причиной таких визуально наблюдаемых электротермических воздействий, как проплавление, эрозия в зоне воздействия разряда, прожоги, оплавление головок соединительных элементов, в первую очередь заклепок, с потерей ими служебных свойств [9, 10]. Также существует электромеханическое воздействие, в результате которого происходит образование вмятин на обшивке, загибов консольных элементов; перегрузка заклепок и других соединительных элементов в результате возникающих в обшивке волн напряжений. Если вовремя не выявить повреждения такого рода, это может привести к отказам авиационной техники. Попадание молнии в двигатель может стать причиной нарушения его работы. Проблема остаточной намагниченности элементов конструкции воздушного судна, возникающая в результате воздействия молнии, зачастую делает неработоспособными целые системы навигационного комплекса. Однако диагностировать и устранить такие повреждения достаточно трудно.

<sup>9</sup> Молниезащита самолетов [Электронный ресурс]. URL: <http://www.bezpeka-plus.com.ua/news/molniezashhita-samoletov> (дата обращения: 23.12.17).



Рис. 8. Места повреждений воздушных судов в результате попадания электрических разрядов  
Fig. 8. Aircraft damage places as a result of contact with electrical discharges

Поражение воздушного судна в полете электрическими разрядами связано с электрическими свойствами атмосферы: находящиеся в воздухе пылинки, капли сконденсированной влаги, частицы осадков, кристаллы льда и другие имеют электрический заряд, поэтому самолеты в полете электризуются<sup>10</sup>. Электрические свойства облаков, осадков, а также характеристика самого самолета и режим полета способствуют электризации самолетов. Электрические свойства облаков и осадков связаны с их фазовым состоянием (капли, кристаллы), формой, размерами, концентрацией в единице объема, электрическим зарядом частичек и напряженностью электрического поля в окрестностях облаков. Также влияние оказывают особенности конструкции воздушного судна, материал покрытия, тип двигателей и параметры статических стекателей.

На рис. 9 показано влияние свойств облаков на величину заряда, приобретаемого самолетом [8]. Каждый вид облаков характеризуется некоторой статистической кривой. В облаках конвективных форм – ливневых и мощных кучевых – создается наибольшая вероятность приобретения большого заряда, однако вероятность приобретения заряда существует также и в слоисто-дождевых и – в меньшей степени – в слоистых облаках.

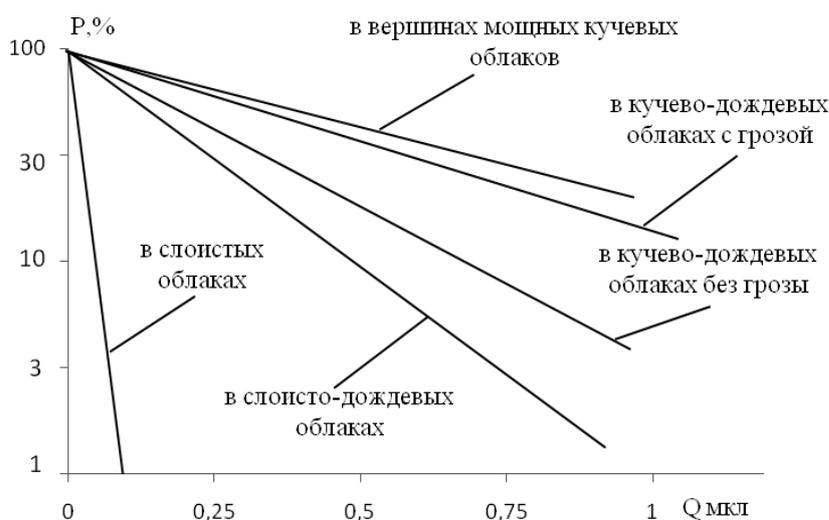


Рис. 9. Кривая интегральной вероятности приобретения самолетом заряда больше указанной величины  
Fig. 9. The curve of integral probability of plane acquisition of a charge more than the indicated value

<sup>10</sup> ICAO Doc 9817 Руководство по сдвигу ветра на малых высотах [Электронный ресурс]. 2005. URL: [http://aviadocs.com/icaodocs/Docs/9817\\_cons\\_ru.pdf](http://aviadocs.com/icaodocs/Docs/9817_cons_ru.pdf) (дата обращения: 23.12.17).

На электризацию воздушного судна существенное влияние оказывает микроструктура облаков. Таким образом, чем больше в облаке кристаллов, а не жидкой воды, тем сильнее электрические токи, заряжающие самолет. Поэтому мощно-кучевые, кучево-дождевые и плотные слоисто-дождевые облака являются наиболее опасными видами облачности для авиации. Во время полета самолета в высокослоистых и перисто-слоистых облаках также может произойти сильная электризация самолета. В облаках большой вертикальной протяженности обычно наблюдается повышенная электризация самолетов.

Электризация самолета – сложный и неоднородный процесс, так как в полете самолет одновременно приобретает электрический заряд и теряет его. Величина электрического заряда на самолете зависит от состояния токов, заряжающих и разряжающих самолет.

Заряд  $Z$  на самолете появляется главным образом в результате взаимодействия частиц облаков и осадков с поверхностью самолета  $Z_{нов}$  и взаимодействия частиц несгоревшего топлива с материалом выхлопной системы двигателя  $Z_{ов}$ , однако данной причине не придают большого значения.

$$Z = Z_{нов} + Z_{ов} \quad (1)$$

Разряд  $P$  (стекание заряда с поверхности самолета) происходит за счет проводимости горячих выхлопных газов  $P_{вг}$ , срыва частиц облака или осадков с поверхности самолета  $P_{нов}$  и коронного разряда  $P_{кр}$ .

$$P = P_{вг} + P_{нов} + P_{кр} \quad (2)$$

Разница в скоростях заряда и разряда самолета обуславливает величину электрического заряда, оставшегося на самолете после его посадки

$$Z_{ВС} = Z - P = Z_{нов} + Z_{ов} - P_{вг} - P_{нов} - P_{кр} \quad (3)$$

Попадание в ВС электрических разрядов чаще всего наблюдается в условиях грозовой деятельности, реже в условиях кучево-дождевой облачности без грозы, а также в условиях слоистой облачности. Таким образом, вероятность электрического разряда на воздушное судно в полете при различных атмосферных условиях будет определяться выражениями:

$$- \text{в грозу: } P_{Г} = P_{ПвГ} \cdot P_{УМвГ}, \quad (4)$$

$$- \text{в кучево-дождевой облачности: } P_{КДО} = P_{ПвКДО} \cdot P_{УМвКДО}, \quad (5)$$

$$- \text{в слоистой облачности: } P_{СО} = P_{ПвСО} \cdot P_{УМвСО}, \quad (6)$$

где:  $P_{ПвГ}$  – вероятность попадания в грозу,

$P_{УМвГ}$  – вероятность электрического разряда на ВС в грозу,

$P_{ПвКДО}$  – вероятность попадания в кучево-дождевую облачность,

$P_{УМвКДО}$  – вероятность электрического разряда на ВС в кучево-дождевой облачности,

$P_{ПвСО}$  – вероятность попадания в слоистую облачность,

$P_{УМвСО}$  – вероятность электрического разряда на ВС в слоистой облачности.

Вероятность отсутствия электрического разряда на ВС в полете будет определяться следующими выражениями:

$$\text{– в грозу: } Q_G = 1 - P_G, \quad (7)$$

$$\text{– в кучево-дождевой облачности: } Q_{КДО} = 1 - P_{КДО}, \quad (8)$$

$$\text{– в слоистой облачности: } Q_{СО} = 1 - P_{СО}. \quad (9)$$

Тогда вероятность электрического разряда на ВС в полете будет определяться следующим выражением:

$$P = 1 - (1 - P_{ПвГ} \cdot P_{УМвГ}) \cdot (1 - P_{ПвКДО} \cdot P_{УМвКДО}) \cdot (1 - P_{ПвСО} \cdot P_{УМвСО}). \quad (10)$$

Для уменьшения числа поражений самолетов молниями и, соответственно, уменьшения вероятности возникновения авиационных происшествий и инцидентов актуальным является располагать точными данными о метеорологической обстановке в районе аэродрома вылета и посадки. При анализе и оценке метеорологической обстановки в районе полетов и для обеспечения безопасности полета экипажу необходимо использовать данные метеорадиолокационных наблюдений.

### ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ПУТЕМ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНОЙ СЕТИ МЕТЕОРАДИОЛОКАТОРОВ

Для уточнения метеорологической обстановки в зоне аэродрома, не оборудованного метеорологическими средствами наблюдения, для оперативного развертывания предлагается предусмотреть установку мобильных пунктов сбора, обработки и передачи данных метеорологической информации, территориально разнесенных по зоне аэродрома, что позволяет создать мобильную сеть метеорадиолокаторов.

Каждый такой пункт состоит (рис. 10) из мобильного метеорологического радиолокатора (ММРЛ), комплекса средств обработки и передачи информации, связанного с центром управления полетами (ЦУП). В этот комплекс входит терминал абонентской станции авиационной фиксированной спутниковой связи, речевые каналы связи на специально выделенных частотах на базе радиостанции ОВЧ-диапазона, радиостанция прослушивания радиообмена «борт – земля» (с блокировкой возможности выхода в эфир), а также комплекс сопряжения, передачи и документирования информации. Электропитание комплекса предусматривается автономное 220 В 50 Гц от мобильного электрогенератора. В составе пункта предлагается установить рабочее место оператора и места для служебных пассажиров (не менее трех человек).

Комплекты оборудования предполагается разместить на автомобилях типа «металлический фургон» с длинной базой и высокой крышей.

Остановимся на каждой из подсистем более подробно.

Мобильный метеорологический радиолокатор предназначен для автоматического (автоматизированного) анализа метеорологической обстановки в местах непосредственного базирования авиации, а также для создания радиолокационного метеорологического поля там, где нет возможности установки стационарного метеорологического радиолокатора или такая установка нецелесообразна.

Радиолокатор предназначен для решения задач обнаружения и классификации метеорологических явлений (в том числе и гроз) при круговом, секторном, растровом обзоре пространства в ближней аэродромной зоне; обнаружения зон опасной турбулентности, сдвига ветра и обледенения с приоритетом в секторах взлета и посадки воздушных судов; автоматического прогнозирования конфликтных и опасных ситуаций, связанных с попаданием ВС в опасные метеорологические зоны, а также формирования соответствующих сигналов для диспетчеров.

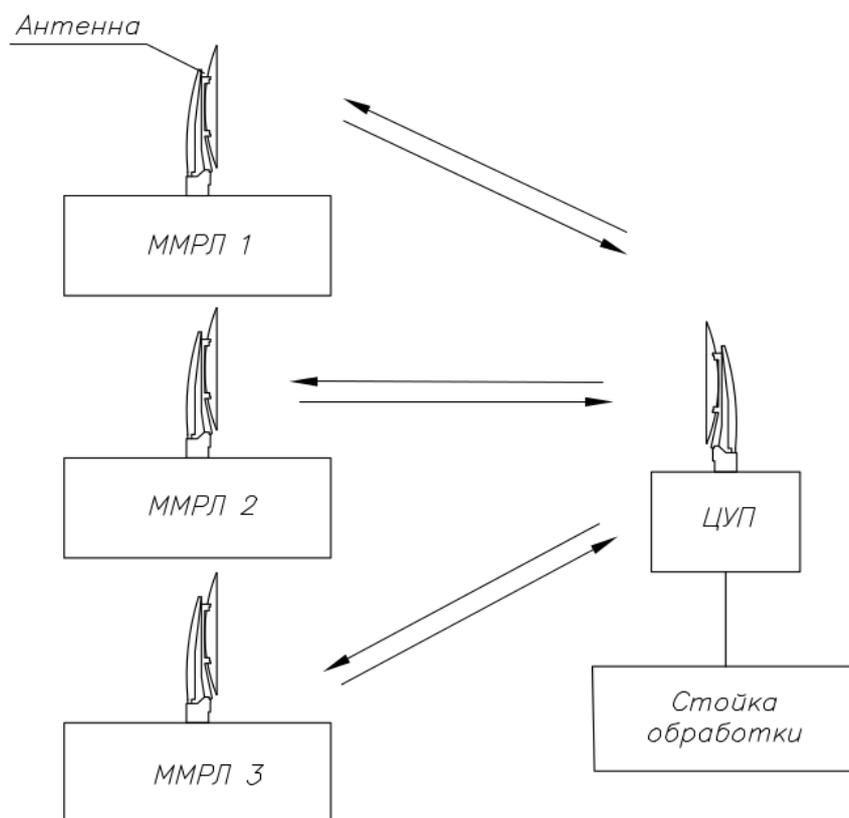


Рис. 10. Структурная схема сети мобильных метеорологических радиолокаторов  
Fig. 10. Mobile meteorological radars network structural diagram

В составе абонентской станции авиационной фиксированной спутниковой связи (АЗС) предлагается использовать антенный пост с установленным на нем оборудованием наружной установки (на крыше микроавтобуса) и оборудование внутренней установки. Оборудование внутренней установки АЗС монтируется в аппаратный шкаф в составе мобильного пункта управления.

В качестве речевого канала оперативной связи между мобильным пунктом и ВС, выполняющим полеты, предполагается использовать радиостанцию ОВЧ-диапазона мощностью до 50 Вт с ОВЧ-антенной, установленной на телескопической мачте.

Организация единого информационного пространства мобильного пункта позволит обеспечить управление, мониторинг и контроль состояния системы с единого терминала, выполненного на базе механически защищенного ноутбука.

Основные функции единого информационного пространства мобильного пункта: организация телефонной связи на базе VoIP, организация документирования информации (аудио и видео), организация резервных каналов связи на базе технологий GSM и WiMAX.

Организация телефонной связи на базе VoIP позволяет осуществить оперативную телефонную связь с командным пунктом и другими мобильными пунктами.

Станция записи позволяет документировать аудио- и видеoinформацию в течение всего времени работы мобильного пункта, также система позволяет осуществить документирование всех событий, происходящих в мобильном пункте.

Для обеспечения документирования дорожной обстановки в подвижном состоянии в состав комплекса включен видеорегистратор.

В качестве основного канала передачи данных в режиме реального времени предлагается использование спутникового канала АФСС. В качестве резервного канала в

состав комплекса предлагается включить каналы передачи данных на базе технологий GSM и WiMAX. При этом для защиты каналов применяется шифрование IP-трафика и организация VPN-тоннелей.

Основным элементом мобильной сети метеорадиолокаторов является командный пункт, чаще всего располагаемый на территории аэродрома оснащения, также включающий в себя главный мобильный пункт, в который стекается вся информация от мобильных пунктов. В главном мобильном пункте предлагается разместить всю серверную аппаратуру комплекса оснащения, а также аппаратуру сопряжения с существующими на аэродроме метеорологическими средствами для передачи информации конечным пользователям (диспетчерам, аэродромным службам и прочим).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблема метеобеспечения, в том числе воздействия электрических разрядов на воздушные суда, продолжает оставаться актуальной. Поэтому важным является своевременное выявление условий, способствующих электризации.

В крупных аэропортах в настоящее время создается сеть радиолокационных метеостанций, однако эта сеть не охватывает аэродромы, располагающиеся в аэропортах местного значения, и аэродромы северных регионов России.

В работе показана возможность создания мобильной метеорологической радиолокационной станции, позволяющей определять опасные метеоусловия, в том числе метеоусловия которые могут спровоцировать электрические разряды на воздушные суда.

Это позволит совершенствовать систему предупреждения неблагоприятных метеорологических явлений, что является важным компонентом обеспечения безопасности полетов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Камзолов С.К., Самохин А.В. Об опасности полетов в грозу (версии двух катастроф) // Научный Вестник МГТУ ГА. 2012. № 180. С. 102–105.
2. Николайкин Н.И., Рыбалкина А.Л. Чрезвычайные ситуации последних лет на территории России // Безопасность в техносфере. 2009. № 2. С. 41–46.
3. Старков Е.Ю., Николайкин Н.И., Климов П.И. Организация экологической защиты территории авиационного происшествия // Научный Вестник МГТУ ГА. 2016. Т. 19, № 5. С. 200–205.
4. Николайкин Н.И., Зубков Б.В., Рыбалкина А.Л. Анализ статистики чрезвычайных ситуаций в современной гражданской авиации // Проблемы анализа риска. 2008. Т. 5, № 1. С. 38–52.
5. Иванов А.И. Совершенствование взаимодействия работников, обслуживающих авиатехнику, путем подбора состава бригад для снижения числа ошибок / А.А. Кузнецов, Н.И. Николайкин, В.Д. Шаров // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2017. № 1 (35). С. 41–47.
6. Рыбалкина А.Л., Спирин А.С. Развитие радиолокационного геофизического мониторинга окружающей среды с целью повышения безопасности полетов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 222. С. 138–142.
7. Богаткин О.Г. Авиационная метеорология: учебник. СПб.: РГГМУ, 2005.
8. Зосимов В.М. Средства и методы противомолниевой защиты самолетов / Б.В. Зубков, С.К. Камзолов, М.Г. Голубева, С.А. Тепнадзе. Тбилиси: Профиздат, 1999.

9. 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.

10. Камзолов С.К. Учет неоднородности канала молнии в модели ее электромеханического воздействия при ударе в обшивку воздушного судна // Научный Вестник МГТУ ГА. 2009. № 140. С. 66–73.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

**Рыбалкина Александра Леонидовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности Московского государственного технического университета гражданской авиации, a.ribalkina@mstuca.aero.

**Спирин Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, начальник отдела Лианозовского электромеханического завода, alex2102@inbox.ru.

**Трусова Елена Игоревна**, магистрант Московского государственного технического университета гражданской авиации, elenatru2011@yandex.ru.

## REDUCING INFLUENCE OF ADVERSE EXTERNAL CONDITIONS IN THE LOCAL AIRPORTS

**Alexandra L. Rybalkina<sup>1</sup>, Aleksey S. Spirin<sup>2</sup>, Elena I. Trusova<sup>1</sup>**  
<sup>1</sup>Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia  
<sup>2</sup>JSC LEMZ R&P Corp, Moscow, Russia

### ABSTRACT

The problem of the unfavorable weather conditions impact on aircraft, including electric discharges on aircraft, continues to be relevant. For the successful implementation of flights, aviation as a type of transport should ensure safety, regularity and economy of air transportation. The aerial meteorology always takes an active part in above problems solution, since flight safety depends on timely prediction of unfavorable weather conditions. Modern airfield and aircraft equipment, as well as a new meteorological technique, helped to improve flight safety and reduce the number of accidents associated with adverse weather conditions, but this did not solve all the problems of civil aviation meteorological support. This problem is especially acute in small airports, where there are often no means of meteorological support and warnings about dangerous weather phenomena or they are insufficient. The article analyzes various unfavorable weather conditions, their influence on aircraft, provides statistics related to unfavorable weather conditions of aviation accidents, and shows the proportion of meteorological conditions among the factors affecting safety. Particular attention is paid to the problem of electric discharges to aircraft. The consequences of electric discharges on aircraft, as well as weather conditions contributing to electric discharges, are analyzed. In order to improve flight safety at local airports, it is proposed to create mobile units for collecting, processing and transmitting meteorological information that is territorially spread over the aerodrome zone; it allows to create mobile meteorological radar network. The structural scheme of the deployment of the mobile network for meteorological radars is given.

**Key words:** meteorological information, electrical discharges on aircraft, mobile weather radars network.

### REFERENCES

1. Kamzolov, S.K. and Samokhin, A.V. (2012). *Ob opasnosti polotov v grozu (versii dvukh katastrof)* [On danger of flights in thunderstorm (Versions of two disasters)]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 180, pp. 102–105. (in Russian)
2. Nikolaykin, N.I. and Rybalkina, A.L. (2012). *Chrezvychaynyye situatsii poslednikh let na territorii Rossii* [The organization of ecological protection of the aviation accident area]. Safety in the technosphere, no. 2, pp. 41–46. (in Russian)

3. Starkov, E.Y., Nikolaykin, N.I. and Klimov, P.I. (2016). *Organizatsiya ekologicheskoy zashchity territorii aviatsionnogo proisshestviya* [Emergencies of recent years in Russia]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, vol. 19, no. 5, pp. 220–205. (in Russian)
4. Nikolaykin, N.I., Zubkov, B.V. and Rybalkina, A.L. (2008). *Analiz statistiki chrezvychaynykh situatsiy v sovremennoy grazhdanskoj aviatsii* [Analysis of emergency statistics in modern civil aviation]. Problems of risk analysis, vol. 5, no. 1, pp. 38–52. (in Russian)
5. Ivanov, A.I., Kuznetsov, A.A., Nikolaykin, N.I. and Sharov, V.D. (2017). *Improving the interaction of workers serving aircraft, by selecting the brigade staff to reduce the number of errors* [Interaction improvement of the workers serving aviation equipment by selection of crews structure for decrease in mistakes number]. XXI century: the results of the past and the problems of the present plus, no. 35(1), pp. 41–47. (in Russian)
6. Rybalkina, A.L. and Cpirin, A.S. (2015). *Razvitie radiolokacionnogo geofizicheskogo monitoringa okružhajushhej sredy s cel'ju povysheniya bezopasnosti poletov* [Development of radar environment geophysical monitoring in order to improve aviation safety]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 222, pp. 138–142. (in Russian)
7. Bogatkin, O.G. (2005). *Aviacionnaja meteorologija. Uchebnik* [Aviation meteorology. Textbook]. St. Peterburg: RGGMU. (in Russian)
8. Zosimov, V.M., Zubkov, B.V., Kamzolov, S.K., Golubeva, M.G. and Tepnadze, S.A. (1999). *Sredstva i metody protivomolnievoj zashchity samoletov* [Means and methods of aircraft anti-lightning protection]. Tbilisi: Profizdat. (in Russian)
9. Kamzolov, S.K. (1996). *Osnovnye porazhajushhie faktory pri vozdejstvii molnii na vozдушное судно. Obespechenie bezopasnosti poletov v slozhnyh meteouslovijah: Mezhvuzovskij sbornik nauchnyh trudov* [The main damaging factors of aircraft lightning strike. Ensuring flight safety in difficult weather conditions: Interuniversity scientific papers collection]. Moscow: MGTU GA, pp. 3–8. (in Russian)
10. Kamzolov, S.K. (2009). *Uchet neodnorodnosti kanala molnii v modeli yeyo elektromekhanicheskogo vozdeystviya pri udare v obshivku vozдушного судна* [The impact of the heterogeneity of the channel of lightning in the model of its electromechanical action with the stroke into the skin of the air vessel]. Scientific Bulletin of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, no. 140, pp. 66–73. (in Russian)

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

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

**Aleksei S. Spirin**, Candidate of Technical Sciences, Head of Department, Joint-Stock Company "Lianozovo Electromechanical Plant Research and Production Corporation", alex2102@inbox.ru.

**Elena I. Trusova**, Graduate Student, Moscow State Technical University of Civil Aviation, elenatru2011@yandex.ru.

Поступила в редакцию 18.12.2017  
Принята в печать 15.05.2018

Received 18.12.2017  
Accepted for publication 15.05.2018