

Восприимчивость беспилотных летательных аппаратов к комплексному воздействию молниевых и электростатических разрядов

Е. Коренькова¹

УДК 621.391.004 | ВАК 2.2.4

Представлены теоретико-методологические и практико-ориентированные предложения по обеспечению применения летательных аппаратов (БЛА) в условиях грозовой деятельности и заряжения. Показано, что для полной оценки стойкости к молнии и электростатическому разряду важно обеспечивать одновременное (комплексное) оценивание.

Одним из требований, предъявляемых к беспилотным летательным аппаратам (БЛА), выступает всепогодность применения [1, 2]. Следовательно, необходимо предпринимать меры для повышения стойкости при различных погодных явлениях. Отмечается научный и практический интерес к вопросам помехоустойчивости БЛА [3, 4, 5], соответствующие исследования представляется целесообразным продолжить в части развития инструментов и методов обеспечения устойчивости БЛА от воздействия молнии и электростатического разряда. Большая часть работ посвящена вопросам электризации космических аппаратов в связи с особенностью эксплуатации в ионизирующей среде.

Молния представляет собой мощный электромагнитный импульс; она оказывает электростатическое, электромагнитное, термическое и динамическое воздействие на природные и технические объекты, включая БЛА. Происходит либо непосредственное попадание токов молнии во внешние и внутренние элементы конструкций, цепи и схемы радио- и электротехнического оборудования БЛА, либо возникновение в них наведенных напряжений и токов. Напряжения и токи зачастую превышают уровни, предельно допустимые по условиям эксплуатации электротехнических изделий, в некоторых случаях также приводя к импульсному локальному выделению на указанных элементах большого количества тепла, что в итоге вызывает их выгорание.

При полете БЛА частицы воздуха соприкасаются с фюзеляжем, за счет свойств композитных материалов возникает трибоэлектрический эффект – происходит накопление заряда на внешней стороне БЛА. Указанный эффект, в свою очередь, приводит к электростатическим разрядам на поверхности блоков и кабельных систем. Электростатические разряды (ЭСР) на поверхности БЛА

создают электромагнитные импульсные помехи в бортовой кабельной сети, антеннах и датчиках, расположенных на внешней стороне фюзеляжа. На данный момент все БЛА проходят испытания на воздействие ЭСР, источником которого является человек. Испытания БЛА на воздействие электризации не предусмотрены.

Одновременно необходимо учитывать и другой эффект от накопления заряда: при попадании заряженного тела в поле с высокой напряженностью (а именно при прохождении БЛА в грозовом облаке) происходит иницирование грозового разряда – молнии. Так как очень сложно разделить по времени действие ЭСР от накопления заряда на внешней стороне и разряд молнии, вызванный накоплением заряда на корпусе БЛА, при расчетах и в техническом конструировании необходимо принимать наиболее критический вариант (допущение) – одновременное воздействие двух электромагнитных факторов – молнии и ЭСР.

Существуют несколько нормативных документов, включая стандарты, регламентирующие требования и нормы по стойкости (устойчивости или восприимчивости) к молнии и электростатическим разрядам, применимых к оборудованию БЛА. В настоящей публикации приведен анализ положений нескольких руководящих документов, сгруппированных по следующим критериям:

- методы испытаний;
- уровни испытаний.

Для учета прямого воздействия молнии применяются стандарты и методы испытаний. Ниже представлены стандарты, которые можно применить для проектирования и разработки оборудования БЛА. При испытаниях **на прямой удар молнии** могут быть применены **КТ-160 (23 раздел) [6], MIL-STD-464 [7]**.

Для испытаний на **переходные процессы, вызванные попаданием молнии в летательный аппарат** – **КТ-160 (22 раздел) [6]** и **ОСТ 101160-88 [8]**.

¹ АО «Кронштадт».

КТ-160 – КВАЛИФИКАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

В Разделе 23 рассматриваются испытания, которые должны позволить определить, выдержит ли наружное оборудование прямое воздействие удара молнии. Приводятся два типа испытаний на прямое воздействие молнии: испытания контактом с высоковольтными разрядами и проверка физических повреждений, вызванных сильными токами. Испытания высоковольтными разрядами используются для определения возможных мест контакта с молнией. Проверка физических повреждений, вызванных сильными токами, проводится в местах контакта, определенных при высоковольтных испытаниях.

В Разделе 23 приводится схема зонального деления летательного аппарата, учитывающая следующие моменты:

- вероятность воздействия прямого удара молнии;
- критичность систем, располагающихся в этом элементе конструкции;
- характеристику воздействующего импульса молнии.

Распределение зон беспилотного летательного аппарата, ранжированных по фактору воздействия молнии, приведено на рис. 1. Далее представлены характеристики соответствующих зон.

Зона 1А. Включает все поверхности на воздушном судне, где имеет место высокая вероятность начального контакта с молнией и низкая вероятность задержки. Участки контакта смещенного лидера на высоте до 1500 м в данном случае также относятся к Зоне 1А.

Зона 1В. Включает все поверхности воздушного судна, где имеет место высокая вероятность начального контакта с молнией и высокая вероятность задержки.

Зона 1С. Промежуточная зона, она включает поверхности воздушного судна, расположенные между Зонами 1А и 2А, и характеризует зоны контакта смещенного лидера на высотах более 3000 м.

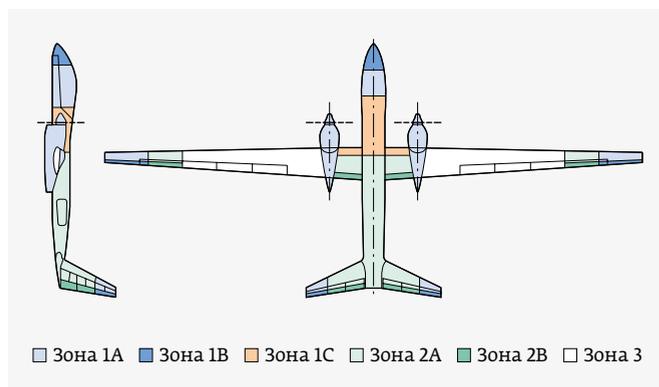


Рис. 1. Распределение зон беспилотного летательного аппарата, ранжированных по фактору воздействия молнии

Зона 2А. Включает все поверхности воздушного судна, где имеет место большая вероятность контакта с каналом молнии, смещающимся из Зоны 1А, но низкая вероятность задержки.

Зона 2В. Включает все поверхности воздушного судна, где имеет место большая вероятность контакта с каналом молний, смещающимся из Зон 1А и 2А, и большая вероятность задержки.

Зона 3. Включает все поверхности воздушного судна, не вошедшие в зоны 1 и 2. В Зоне 3 – низкая вероятность прямого контакта с каналом молнии.

Как уже отмечалось, в Разделе 23 КТ-160 приведены два метода испытаний, которые представляется целесообразным рассмотреть подробнее.

Высоковольтные испытания

Применяются для определения возможных мест контакта молнии с изделием / оборудованием, вызванного приближающимся лидером молнии. Высоковольтные испытания проводятся двумя способами: контактом исходного лидера и контактом перемещающегося канала. Характеристика уровней для высоковольтных испытаний БЛА приведена в табл. 1.

Испытания контактом исходного лидера, форма импульса напряжения D применяется для оборудования категории 1А и 1В (рис. 2).

У импульса напряжения D напряжение достигает пикового значения за время, находящееся в пределах от 50 до 250 мкс, при этом достижение 50% пиковой величины равно примерно 200 мкс.

Испытания контактом перемещающегося молниевозного разряда проводятся для категорий оборудования 1С, 2А, 2В и 3Н. Испытания проводятся импульсами формы А (рис. 3).

Импульс напряжения А имеет участок роста, на котором напряжение возрастает со скоростью $(1000 \pm 50\%)$ кВ / мкс. Скорость возрастания необходимо измерять на участке между величинами, составляющими 30 и 90% от максимальной величины напряжения.

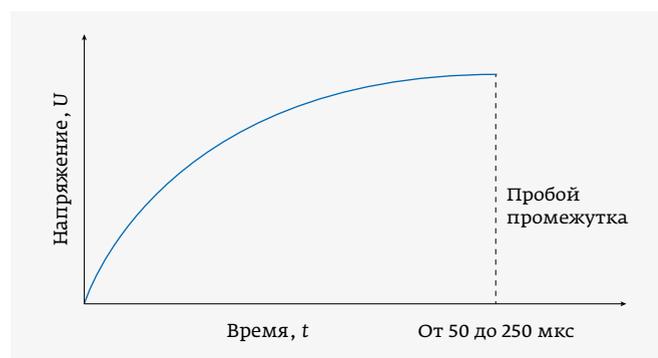


Рис. 2. Форма импульса напряжения D

Таблица 1. Уровни для высоковольтных испытаний

Категория оборудования	Тип испытаний	Форма импульса	
		A	D
1A	Испытания контактом исходного лидера		★
1B	Испытания контактом исходного лидера		★
1C	Испытания контактом перемещающегося канала	★	
2A	Испытания контактом перемещающегося канала	★	
2B	Испытания контактом перемещающегося канала	★	
3N	Испытания контактом перемещающегося канала	★	

Таблица 2. Компоненты сильного тока

Категория оборудования	Тип испытаний	Компоненты тока						
		A	A _h	A/5	B	C	C*	D
1A	Воздействие дуги	★			★	★		
1B	Воздействие дуги	★			★		★	★
1C	Воздействие дуги		★		★	★		
2A	Воздействие дуги				★	★		★
2B	Воздействие дуги				★		★	★
3N	Воздействие дуги			★	★	★		

Испытание сильными токами

Испытание включает в себя тестирование компонентов, представленных в табл. 2.

Каждый компонент отражает различные характеристики тока при ударе молнии.

С целью оценки параметры естественной молнии на рис. 4 представлены в виде составляющих A, B, C, и D, каждая из которых моделирует различные характеристики тока в разряде молнии. При проведении испытаний эти формы импульсов соотносятся с соответствующей категорией оборудования.

Компонент **A** – ток первого возвратного удара молнии. Компонента имеет амплитуду, равную (200 ± 10%) кА, и интеграл действия, равный 2 · 10⁶ А²с ± 20%; полное время действия импульса величины, равной 1% от пикового значения, не превышает 500 мкс. Импульс испытательного тока может быть однополярным или иметь колебательный характер. Время нарастания от 10 до 90% величины пикового тока не должно превышать 50 мкс.

Компонент **A_h** – ток переходной зоны, имеет пиковую амплитуду (150 ± 10%) кА, и интеграл действия, равный 0,8 · 10⁶ А²с ± 20%; полное время действия импульса величины, равной 1% от пикового значения, не превышает

равный 0,8 · 10⁶ А²с ± 20%; полное время действия импульса величины, равной 1% от пикового значения, не превышает

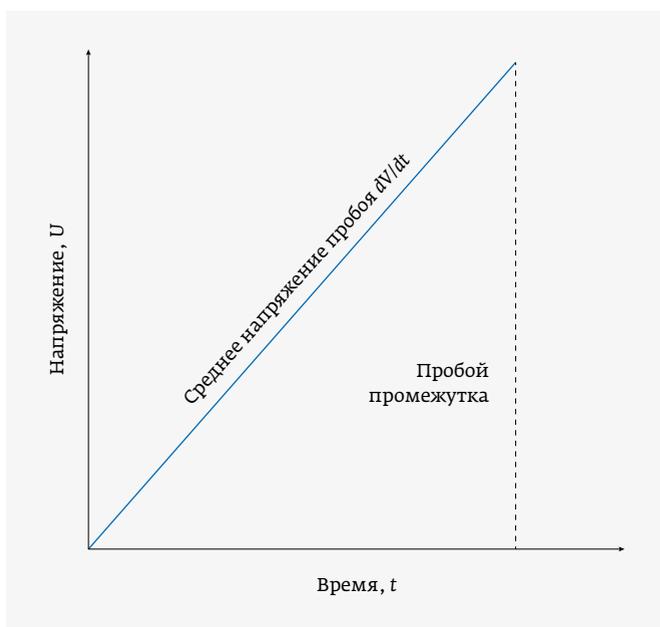


Рис. 3. Форма импульса напряжения A

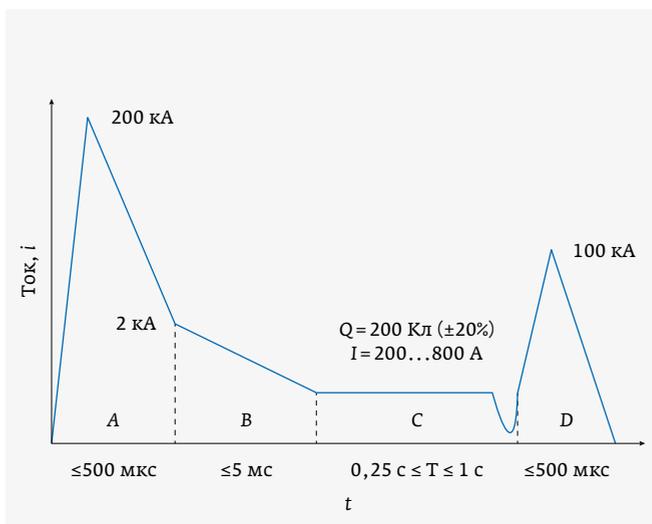


Рис. 4. Составляющие тока молнии

Таблица 3. Параметры прямого удара молнии

Компонент тока	Описание	Характеристики тока $i(t) = I_0(\epsilon^{-\alpha t} - \epsilon^{-\beta t})$, время в секундах, с		
		I_0, A	A, c^{-1}	B, c^{-1}
A	Ток лидера молнии	218 810	11 354	647 265
B	Промежуточный ток	11 300	700	2 000
C	Продолжительный ток	400 для 0,5 с	Нет данных	Нет данных
D	Ток повторного удара молнии	109 405	22 708	1 294 530
D/2	Ток многократного удара	54 703	22 708	12 945 230
H	Ток многократной вспышки	10 572	187 191	19 105 100

500 мкс. Время нарастания от 10 до 90% величины пикового тока не должно превышать 50 мкс.

Компонент **A/5** – ток дуги в Зоне 3, имеет пиковую амплитуду $(40 \pm 10\%)$ кА, и интеграл действия, равный $0,08 \cdot 10^6 A^2s \pm 20\%$; полное время действия импульса величины, равной 1% от пикового значения, не превышает 500 мкс. Импульс испытательного тока может быть однополярным или иметь колебательный характер. Время нарастания от 10 до 90% величины пикового тока не должно превышать 50 мкс.

Компонент **B** – промежуточный ток, имеет пиковую амплитуду $(2 \pm 20\%)$ кА, обеспечивает перенос заряда $(10 \pm 10\%)$ Кл за время $(5 \pm 10\%)$ мс. Импульс испытательного тока должен быть однополярным; он может иметь прямоугольную форму, либо спадать по экспоненциальному или линейному закону.

Компонент **C** – продолжительный ток, обеспечивает перенос заряда силой $(200 \pm 10\%)$ Кл за время от 0,25 до 1,0 с. Импульс испытательного тока должен быть однополярным; он может иметь прямоугольную форму либо изменяться по экспоненциальному или линейному закону, его средняя амплитуда составляет от 200 до 800 А.

Компонент **C*** – продолжительный ток в зонах перемещения канала при малых задержках, обеспечивает перенос заряда силой $(18 \pm 20\%)$ Кл

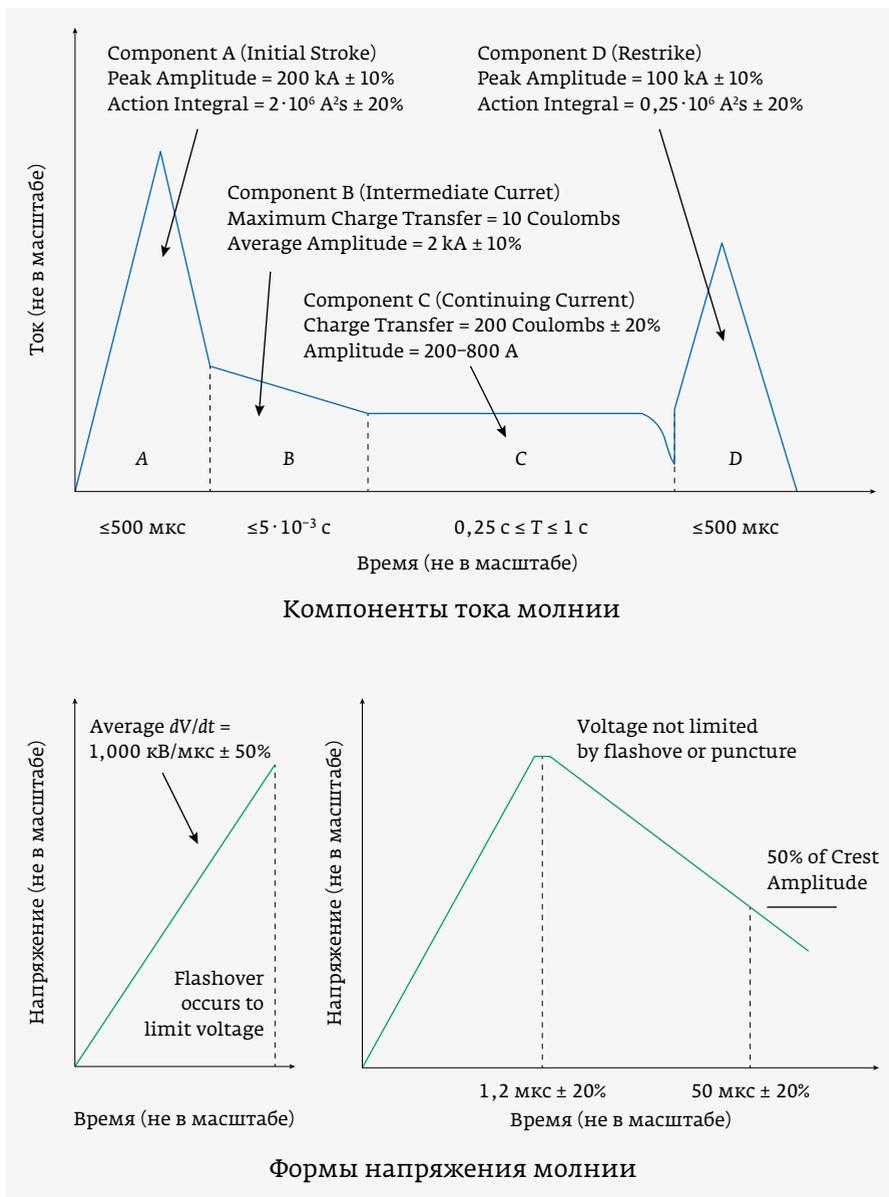


Рис. 5. Компоненты тока прямого воздействия молнии

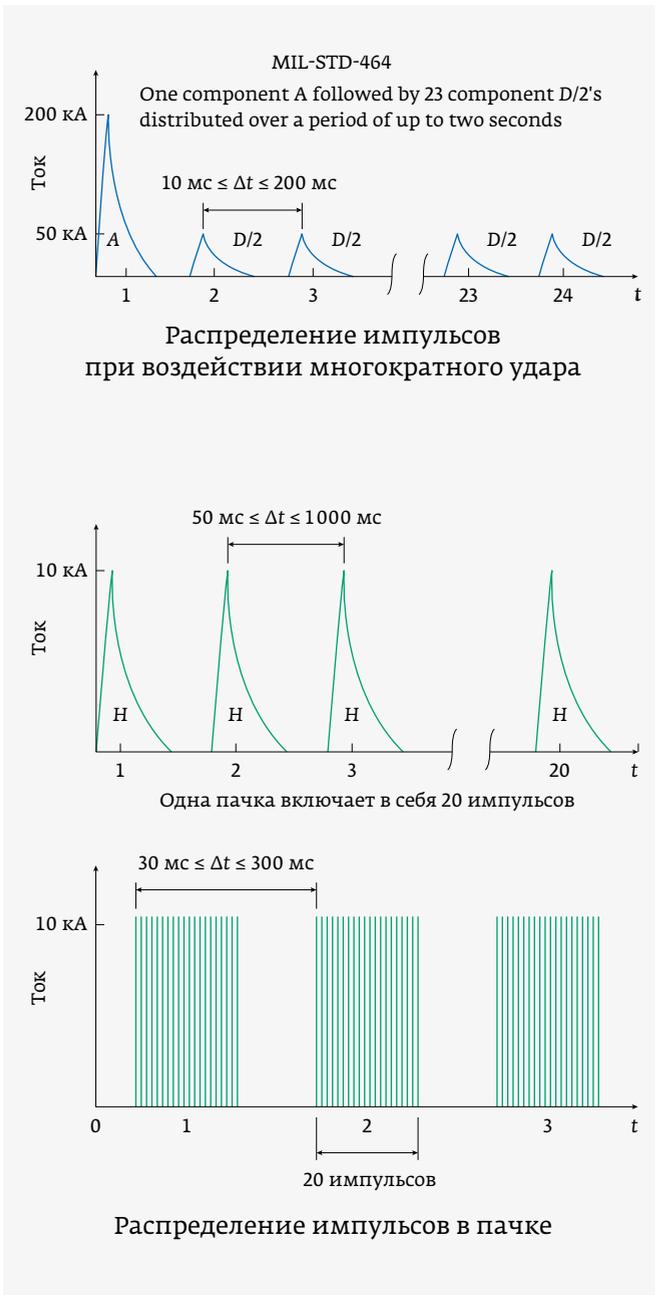


Рис. 6. Информация для косвенного воздействия от прямого удара молнии

за время $(45 \pm 20\%)$ мс. Импульс испытательного тока должен быть однополярным; он может иметь прямоугольную форму, либо спадать по экспоненциальному или линейному закону, его средняя амплитуда должна быть не менее 400 А.

Компонент **D** – ток повторного удара молнии, он имеет пиковую амплитуду $(100 \pm 10\%)$ кА и интеграл действия, равный $0,25 \cdot 10^6 \text{ A}^2\text{c} \pm 20\%$; полное время действия импульса от величины, равной 1% от пикового значения, не превышает 500 мкс. Импульс испытательного тока может

быть однополярным или иметь колебательный характер. Время нарастания от 10 до 90% величины пикового тока не должно превышать 25 мкс.

СТАНДАРТ MIL-STD-464

Стандарт устанавливает требования к учету электромагнитного воздействия на оборудование и критерии проверки работоспособности для воздушных, морских, космических и наземных систем, включая боеприпасы, установленные на этих системах.

Системы должны сохранять свою работоспособность в условиях прямого и косвенного воздействия молнии. Компоненты тока прямого воздействия молнии проиллюстрированы на рис. 5. Материалы, представленные на рис. 6 и в табл. 3, применяются для ситуации косвенного воздействия от прямого удара молнии. Ниже приведены параметры ЭМП близкого удара молнии, они должны использоваться при определении параметров воздействия, близкого от удара молнии.

- Скорость изменения магнитного поля на расстоянии 10 м $2,2 \cdot 10^9 \text{ A/m/c}$
- Скорость изменения электрического поля на расстоянии 10 м $6,8 \cdot 10^{11} \text{ V/m/c}$

РАЗДЕЛ 22 КТ-160

В разделе 22 КТ-160 приводятся методы и процедуры испытаний, предназначенные для проверки способности оборудования ЛА выдерживать воздействие переходных процессов при попадании молнии. В разделе приводятся два вида испытаний:

- контактный ввод. При данном методе испытаний импульсы подаются непосредственно на выбранные контакты соединителя испытываемого оборудования;
- кабельный ввод. При данных методах испытаний импульсы переходного процесса подаются в кабель за счет взаимоиндукции или вводятся в провод заземления.

В зависимости от расположения оборудования и его типа применяются определенные виды импульсов (7 видов) и выбирается метод испытаний (рис. 7). Импульсы подаются как одиночные, так и множественные.

ОТТ 4.1.1.1

В ОТТ 4.1.1.1 [9] приводится описание эффективности электростатической защиты радиосвязного оборудования и бортовых систем.

Эффективность электростатической защиты радиосвязной аппаратуры должна быть определена при полетах в облаках с напряженностью электрического поля 200 В/м и/или токов с одного из электростатических разрядников, установленных на законцовках крыла, кили или стабилизатора, не менее 100 мкА.

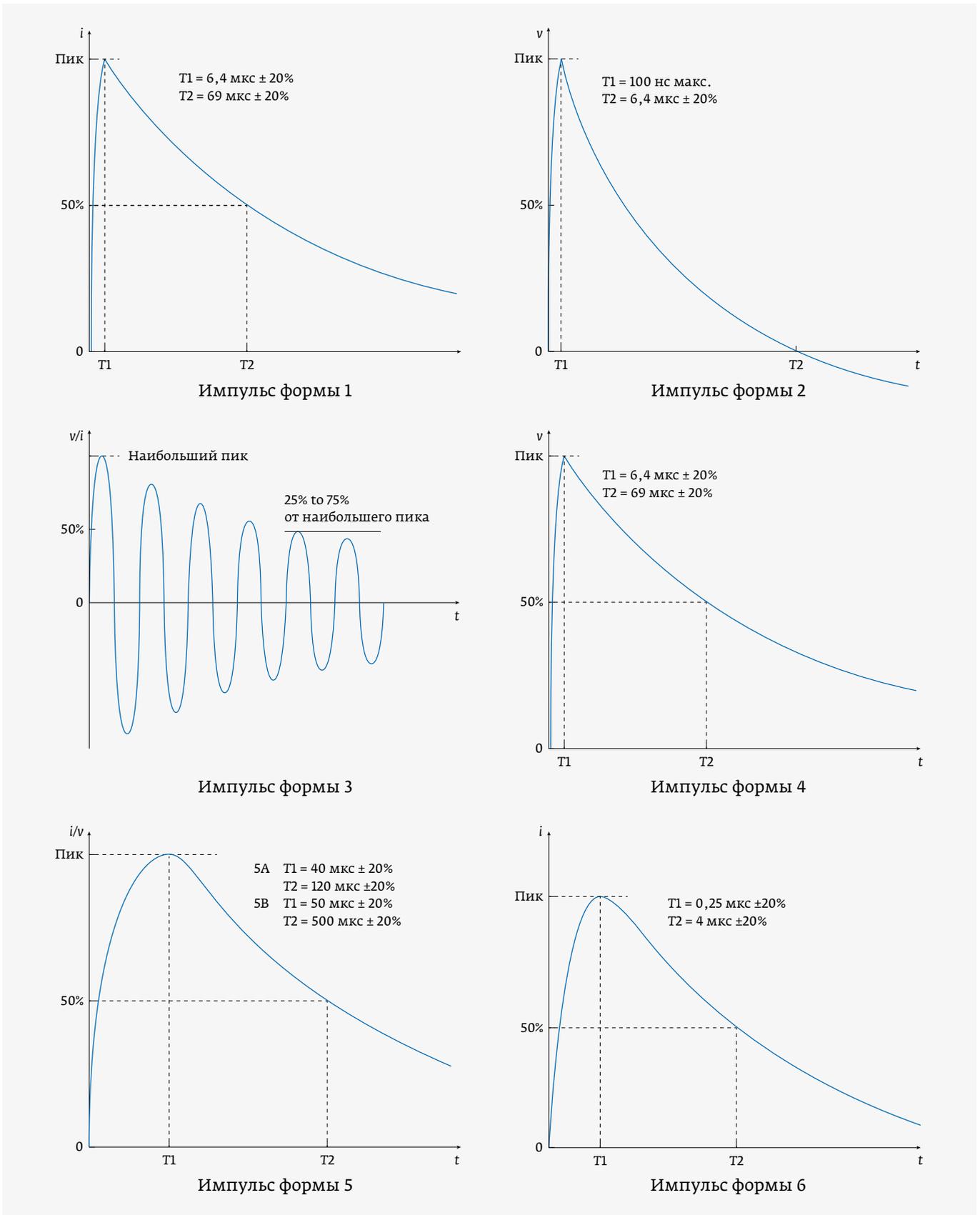


Рис. 7. Формы испытательных импульсов переходных процессов

Стойкость бортовых систем к разрядам статического электричества на электрообогреваемом остеклении кабины оценивается путем возбуждения на остеклении специальным генератором с фиксированным выходным напряжением разрядов статического электричества, обеспечивающим возникновение на контактах систем обогрева напряжения 15 кВ.

Стойкость бортовых систем к разрядам статического электричества на носовом обтекателе оценивается путем возбуждения разрядов электричества на обтекателе специальным генератором с выходным напряжением, зафиксированным при испытаниях остекления.

Методики испытаний на воздействие ЭСР и нормы, описаны в следующих документах: КТ 160Д (25 раздел), MIL-STD-464, MILSTD331 [10].

РАЗДЕЛ 25 КТ-160

В Разделе 25 КТ-160 приводятся испытания электростатическим разрядом в результате контакта с человеком и в результате электризации внешней поверхности наружных диэлектрических частей БЛА (табл. 4).

Испытания на воздействие электростатического разряда в результате внешней электризации производится коротроном. Коротрон представляет собой диэлектрический диск, на котором закреплены концентрические металлические кольца, связанные между собой высокоомным сопротивлением и снабженные остриями, установленными перпендикулярно плоскости диска. При подаче на коротрон, напряжения, образующие ионы на острие, дрейфуя, оседают на внешней стороне объекта испытаний, образуя на ней слой заряда.

В американских стандартах **MIL-STD-464, MIL-STD-331** предусмотрены испытания на P-static – **воздействие статическим электричеством**. Статическое электричество аккумулируется на самолете в полете, поскольку отсутствуют пути стекания заряда на землю. Статическое электричество накапливается на корпусе летательного аппарата в результате различных процессов (рис. 8).

Функциональное зарядение представлено на рис. 8а. Зарядение данного типа происходит за счет трибоэлектрического эффекта – незаряженные частицы атмосферных осадков соприкасаются о корпус летательного аппарата, два разнородных материала вступают во взаимодействие. Носители заряда перемещаются от одного

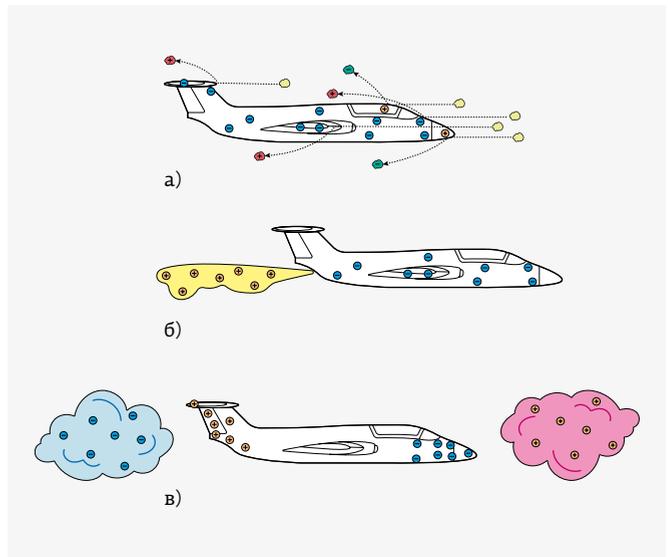


Рис. 8. Типы функционального зарядения летательного аппарата

материала к другому, чтобы уравнять свои электрохимические потенциалы. Поскольку частицы отражаются от поверхности и материалы разделяются, один материал удерживает дополнительные носители заряда, а другой отдает их, вызывая дисбаланс заряда. К столкнувшимся частицам могут быть отнесены элементы осадков, такие как кристаллы льда, дождя и снега, а также песок, пыль, пепел и т. д.

Зарядка выхлопных газов двигателя (рис. 8б) происходит в результате воздействия горячих выхлопных газов, которые уносят заряд, оставляя противоположный заряд на самолете. В зависимости от типа и рабочих характеристик двигателя, наблюдались абсолютные токи зарядения от 0 до 400 мкА. В этом случае процесс зарядения не зависит от метеорологических условий. Указанное явление, которым можно пренебречь как незначительным в случае воздушного судна с винтом, может быть критически важным для летательного аппарата, имеющего двигателя с форсажной камерой.

Экзогенная зарядка (рис. 8с). Явление имеет место, когда транспортное средство движется через внешнее электрическое поле, например поле молнии, существующее между противоположно заряженными областями

Таблица 4. Параметры воздействия при испытаниях электростатическим разрядом в разделе 25 КТ-160

Параметр воздействия	Максимальное напряжение разряда кВ	Длительность фронта импульса, с	Длительность импульса, с	Разрядное сопротивление, Ом	Разрядная емкость пФ
Электростатический разряд	12–15	$1 \cdot 10^{-7}$	$25 \cdot 10^{-6}$	330	150

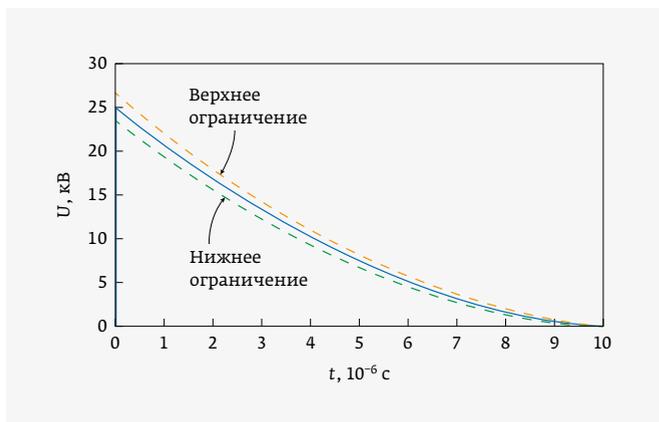


Рис. 9. Формы импульса напряжения для сопротивления 500 Ом

облаков. Внешнее электрическое поле вызывает в проводниках разделение зарядов, создавая внутреннее электрическое поле, компенсирующее внешнее. Общий заряд самолета остается нулевым, при этом элементы заряжаются противоположно.

Потенциал на корпусе самолета относительно окружающего воздуха становится достаточно высоким, поэтому происходит электрический пробой воздуха в критических точках контура, где электрическое поле является самым высоким. Короткие импульсы воздействуют на широкополосную передачу, что может ухудшить работу приемников. Импульсы воздействуют настолько быстро, что практически полностью блокируют приемники. Для борьбы с таким видом статического электричества обычно используют токовые разрядники. Полный зарядный ток I_t зависит от плотности зарядного тока I_c , который определяется погодными условиями, от площади S_a горизонтальной поверхности самолета и скорости самолета V . Полный зарядный ток может быть оценен следующим уравнением:

$$I_t = I_c \cdot S_a \cdot V / 600.$$

В качестве показательного примера может быть приведен инцидент, связанный с самолетом, имевшим небольшой внешний элемент, изготовленный из стекловолна: при нахождении персонала близко к непроводящему

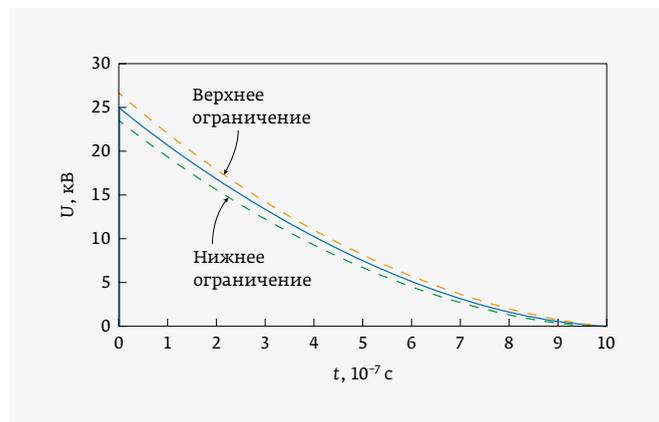


Рис. 10. Формы импульса напряжения для сопротивления 5 кОм

элементу, работники были поражены электрическим током.

В другом случае, когда самолет попал в грозовое облако, пилот не был способен передать или получить сообщение по радио. Дальнейшие исследования показали, что сбой передачи был вызван электростатическим разрядом.

Для оценки воздействия электростатического разряда от человека также необходимо провести испытания. Для этого необходимо предварительно выбрать контрольные точки воздействия, основываясь на характеристиках объекта, включая отдельные точки, которые, по инженерной оценке, считаются наиболее подверженными, в том числе переходы от проводящего или непроводящего материала. Особое внимание необходимо уделить разъемам, стыкам, щелям и другим неоднородностям, которые могут служить путями распространения электромагнитного поля электростатического разряда.

Параметры воздействия ЭСР представлены в табл. 5.

Формы импульса при воздействии ЭСР от человека указаны на рис. 9–10 – это высоковольтные импульсы напряжения 25 кВ для сопротивлений 500 Ом и 5 кОм. Время нарастания примерно 15 нс.

Одновременно в **руководстве Lightning Direct Effects Handbook** [11] имеются указания, что при оценке влияния молнии, необходимо учитывать заряд, образующийся

Таблица 5. Параметры воздействия ЭСР

Напряжение, кВ	Разрядная емкость, пФ	Сопротивление, Ом	Калибровочная испытательная нагрузка, Ом
$\pm 25 \pm 5\%$	$500 \pm 5\%$	$5\,000 \pm 5\%$	$1 \pm 5\%$
$\pm 25 \pm 5\%$	$500 \pm 5\%$	$500 \pm 5\%$	$1 \pm 5\%$

на самолете, и причину возникновения молнии. Заряженный самолет рассматривается как причина инициации разряда в него молнии. Приводятся примеры возникновения молнии не в самом грозовом облаке, а в удалении от грозового фронта порядка 25 миль. Это дает возможность предположить, что в таких случаях причиной возникновения молнии являлся заряженный самолет. При рассмотрении данной ситуации очень трудно разделить по времени воздействие молнии и воздействие электростатического разряда. Формы импульсов имеют различные временные характеристики и амплитудные значения. На данный момент в нормативной документации нет информации для оценки очень близкого по времени (одновременного) воздействия этих факторов.

Положительные результаты испытаний БЛА на воздействие ЭСР и воздействие молнии по отдельности автоматически не означают устойчивость к данным видам воздействий – ЭСР и молния могут вызвать не полный отказ, а снижение работоспособности оборудования. При возникновении одновременного, либо последовательного воздействия с малым промежутком времени (близким к одновременному) происходит полный отказ оборудования. Поэтому для обеспечения всепогодности применения БЛА необходимо учесть одновременное воздействие ЭСР, природа которого – накопление заряда за счет трибоэлектрического эффекта и разряда молнии, и разработать мероприятия повышения стойкости БЛА, которые эффективны при одновременном учете двух воздействий.

Необходимость учета и оценки одновременного воздействия молнии и ЭСР на стойкость БЛА определяется следующими факторами:

- все больше внимания уделяется проблеме электромагнитной совместимости и радиоэлектронной защиты БЛА. На борту устанавливается до нескольких десятков радиоэлектронных средств;
- большая плотность радиоэлектронных средств на борту приводит к тому, что при возникновении

помехи в кабеле, негативное воздействие оказывается одновременно на несколько систем;

- оптимизация параметров конструкции и снижение веса БЛА приводит к применению композитных материалов, которые в свою очередь обладают низкими экранирующими свойствами и обуславливают накопление заряда на поверхности.

Таким образом, можно констатировать, что для обеспечения всепогодности применения БЛА необходимо учесть одновременное воздействие ЭСР и разряд молнии. Существуют различные методы для обеспечения стойкости к воздействию молнии и электростатического разряда, необходимо выбрать оптимальные для повышения стойкости БЛА к одновременному воздействию двух рассмотренных факторов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Семенов С. С., Полтавский А. В. Системный подход с оценкой технического уровня к совершенствованию многофункциональных беспилотных летательных аппаратов // Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2019). 2019. С. 760–769.
2. Гайнутдинов Р. Р., Чермошенцев С. Ф. Помехоустойчивость бортового оборудования беспилотного летательного аппарата при прямом разряде молнии // Вестник Казанского государственного технического университета им. АН Туполева. 2015. Т. 71. № 6.
3. Балюк Н. В., Болдырев В. Г., В. П. Булеков В. П. и др. Электромагнитная совместимость технических средств подвижных объектов / Под ред. В. П. Булекова. М.: Изд-во МАИ, 2004.
4. Балюк Н. В., Кечиев Л. Н., Степанов П. В. Мощный электромагнитный импульс: воздействия на электронные средства и методы защиты. М.: Издательский Дом «Технологии», 2007.
5. Гайнутдинов Р. Р., Чермошенцев С. Ф. Прогнозирование внутрисистемной электромагнитной совместимости беспилотных летательных аппаратов // Вестник Казанского государственного технического университета им. А. Н. Туполева. 2014. № 4.
6. КТ-160. Квалификационные требования для гражданской авиации.
7. MIL-STD-464. Interface Standard Electromagnetic Environmental Effects Requirements for Systems.
8. ОСТ 1 01160-88. Оборудование бортовой аппаратуры самолетов и вертолетов. Методы испытаний на молниестойкость.
9. ОТТ 4.1.1.1.
10. NPFC-MIL-STD-331. Fuzes, Ignition Safety Devices and Other Related Components, Environmental and Performance Tests for.
11. Lightning Direct Effects Handbook. 2002.

ООО
СМП



ИНТЕРНЕТ-МАГАЗИН
www.SMD.ru

электронные компоненты
для поверхностного монтажа

НОВОЕ В ПРОГРАММЕ ПОСТАВОК

- Керамические конденсаторы до 100 мкФ
- Синфазные дроссели на ток 10 А




Москва, Ленинградский пр., 80 к. 32; e-mail: sale@smd.ru
Тел.: (499) 158-7396, (495) 940-6244, (499) 943-8783

РАЗРАБОТКА И ПРОИЗВОДСТВО
КЕРАМИЧЕСКИХ КОНДЕНСАТОРОВ
И ПРОХОДНЫХ ФИЛЬТРОВ

К

У

Л

О

Н

НОВЕЙШИЕ РАЗРАБОТКИ:

- варисторы ВР-18, ВР-19;
- фильтры Б36;
- конденсаторы К10-89, К10-90.

СЕРИЙНАЯ ПРОДУКЦИЯ:

- многослойные конденсаторы: К10-17, К10-42, К10-47, К10-50, К10-54, К10-57, К10-79, КМК;
- трубчатые конденсаторы: ТК, К10-51К, КТП, КТ-1Е;
- фильтры: Б14, Б23А, Б23Б, Б28, Б29, Б7-2, Б24.

