

Совершенствование методики при проведении испытаний на молниестойкость летательных аппаратов

Хренов С.И., кандидат техн. наук, доцент,
Жуликов С.С., кандидат техн. наук,
Турчанинова Ю.С, аспирант
НИУ «МЭИ», Москва

Москва

Для обнаружения любых источников воспламенения паров топлива, возникающих вследствие попадания молнии в наружные поверхности встроенного топливного бака проводят испытание на прямое попадание молнии и методом выявления источников воспламенения, является метод фотографирования [1].

Для выявления внутренних источников воспламенения при проведении испытаний отдельных элементов топливных систем летательных аппаратов на прямой удар молнии разработано, изготовлено и испытано устройство, генерирующее электрический разряд с энергией искры 200 мкДж - генератор "эталонной искры" (ГЭТИ). ГЭТИ применяется для калибровки фоторегистрирующей аппаратуры (цифровых фотоаппаратов). Проведены исследования клапана слива конденсата и остатков топлива на прямое воздействие молнии с помощью цифрового фотоаппарата.

Введение

Испытания на прямое попадание молнии применимо для зон летательного аппарата, в которых могут присутствовать скопления легковоспламеняющихся паров топлива, или для которых воспламенение таких паров может представлять опасность. Целью подобных испытаний является демонстрация того, что в данных зонах не будет источников воспламенения при прямом попадании разряда молнии или в результате протекания тока молнии. Одним из методов, выявляющих наличие источников воспламенения и обладающий простотой, является метод фотографирования. В этом методе используется фотоаппарат, снабженный пленкой, для выявления источников воспламенения типа электрических искр (пробоев напряжением) или термических искр (электрических дуговых разрядов) при испытании элементов топливной системы на молниестойкость [1]. Был предложен способ выявления воспламенения с помощью цифрового фотоаппарата.

Выявление проблемы

При поражении летательных аппаратов прямыми ударами молнии возможно возникновение внутренних искрений в топливных баках либо отдельных элементах топливной системы [2, 3]. Это может вызвать воспламенение паров топлива. Критерием воспламеняемости может служить минимальная энергия зажигания - наименьшая энергия электрического разряда, способная воспламенить смесь данного горючего вещества с воздухом [4]. В квалификационных требованиях [5] приводится величина минимальной энергии зажигания паров топлива с воздухом, которая принимается равной 200 мкДж. Одним из основных методов, рекомендуемых квалификационными требованиями [1], является метод фотографирования, благодаря простоте испытательной установки и возможности непрерывной фоторегистрации в процессе испытаний. Все это позволяет определять места возникновения источников воспламенения и анализировать причины их возникновения. Как правило, такие установки представляют собой фототрубы. На одной стороне устанавливается испытуемый образец, внешняя сторона которого подвергается воздействию имитационного удара молнии на другой фоторегистрирующая аппаратура, которая фотографирует внутреннюю сторону испытуемого образца. Перед проведением испытаний определяют минимальную светочувствительность фотоаппарата, позволяющую регистрировать энергию искры в 200 мкДж, которую принято выражать в единицах, эквивалентных светочувствительности ISO желатиносеребряных фотоэмульсий [6].

Использование фотоаппарата и пленки, предлагаемое в нормативе [1] имеет ряд ограничений в настоящее время, связанный с необходимостью закупки пленки, специальных объективов, необходимостью проявки, что затрудняет процесс эксперимента, увеличивая сроки, или в случае с применением быстрой печати может привести к потере качества. Поэтому была поставлена задача реализовать возможность использования цифрового фотоаппарата.

В стандарте [1] отсутствует информация о том, каким образом и с помощью какого устройства можно создать искровой разряд с требуемой энергией.

Для калибровки фоторегистрирующей аппаратуры нами было разработано, изготовлено и испытано устройство, генерирующее электрическую искру в энергией 200 мкДж - генератор «эталонной искры» (ГЭТИ).

Калибровка фотоаппаратов

Калибровка осуществляется в следующем порядке:

- на фототубусе устанавливается ГЭТИ;
- с противоположной стороны устанавливается фотоаппарат (рисунок 1) и настраивается на минимальную светочувствительность;
- затвор фотоаппарата открывается и остается открытым несколько секунд;
- ГЭТИ приводится в действие, инициируя разряд;
- затвор фотоаппарата закрывается, фотография из внутренней памяти переносится на персональный компьютер и изучается, анализируется на мониторе;
- если искра от разряда визуально не обнаруживается при просмотре, то светочувствительность фотоаппарата увеличивается на ступень и разряд повторяется до тех пор, пока искры не будут отчетливо видны на фотографиях;
- по итогам калибровки определяется светочувствительность, которая в дальнейшем используется при испытаниях.



Рисунок 1 - Расположение фотоаппарата на светонепроницаемой камере

На рисунке 2 представлена фотография «эталонной искры» с энергией 200 мкДж, полученная фотоаппаратом NikonD7000.

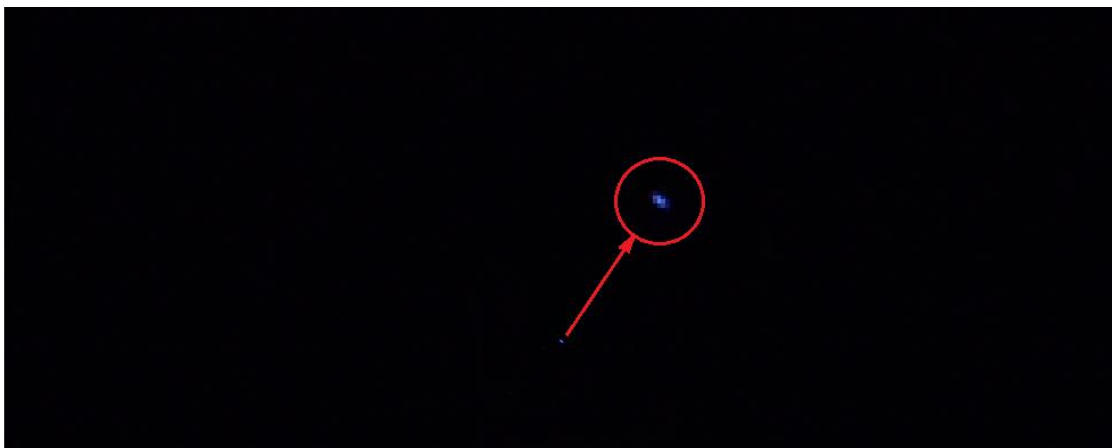
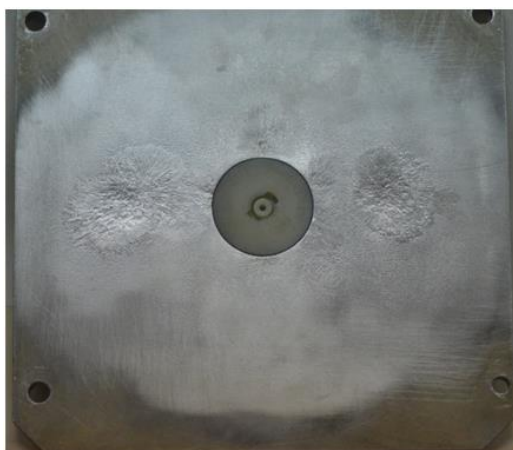


Рисунок 2 - Фотографии «эталонной искры» с энергией 200 мкДж

Проведение исследований

Для проведения исследований в качестве объекта исследований взят клапан слива конденсата и остатков топлива, он представлен на рисунке 3.



(а) - общий вид с внешней стороны до проведения исследований



(б) - общий вид с внутренней стороны до проведения исследований

Рисунок 3. Фотографии клапана на плите: (а, б) - до проведения исследований

При проведении исследований клапана слива конденсата и остатков топлива на прямое воздействие молнии в характерные точки подавалось по одному разряду. Для исследований клапана использовалась первая (компонент А) составляющая тока молнии (рисунок 4).

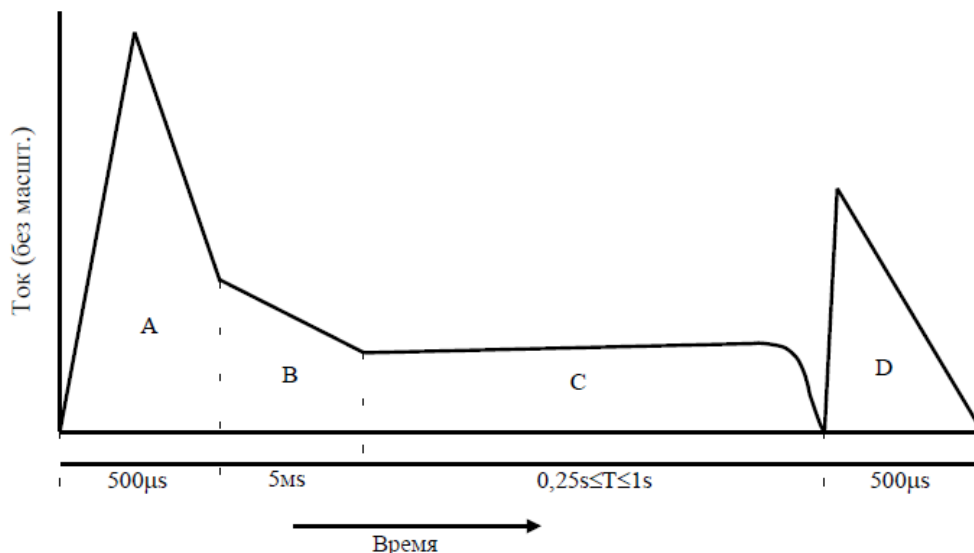


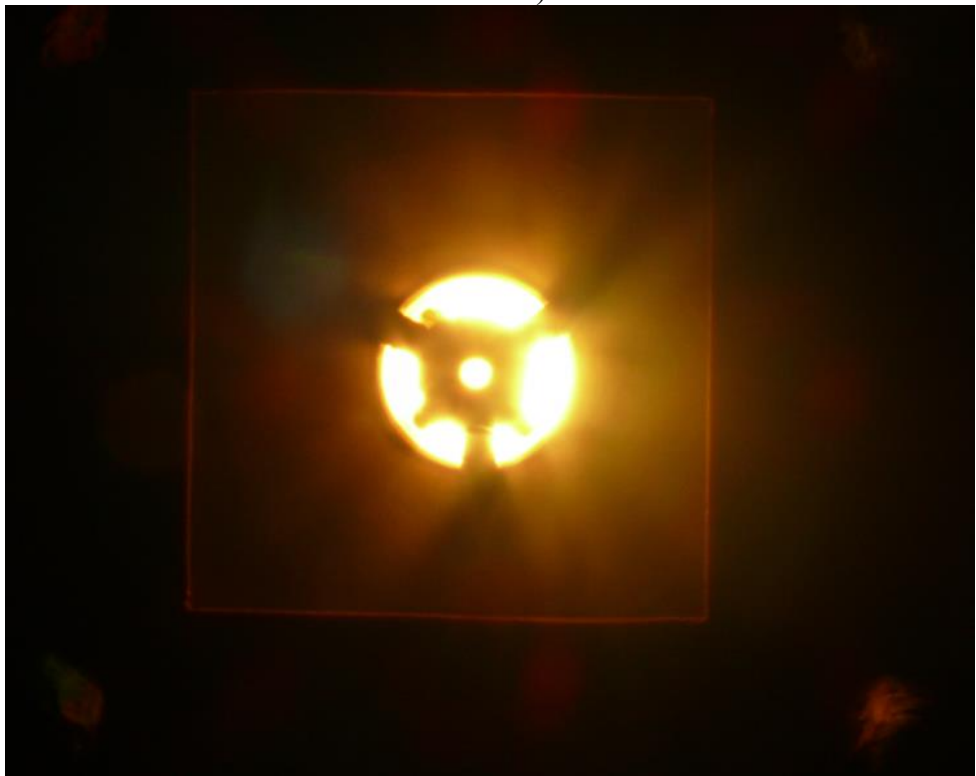
Рисунок 4 - Форма нормированного импульсов тока молнии

Устанавливался фотоаппарат в специальном светонепроницаемом тубусе и регистрировалась «эталонная искра». Определение «эталонной искры» сопровождается обязательной калибровкой фотоаппарата сотрудником, проводящим испытание. При недостаточной чувствительности настройки меняются и процесс повторяется вновь. Когда во время настройки искра становится видна, можно сделать вывод о том, что он настроен.

На рисунке 5 представлены фотографии образца в характерных точках исследования. При оценке возникли трудности в интерпретации результатов в виду сильной засветки объекта вспышкой молниевое разряда.



а)



б)

Рисунок 5. Фотографии клапана: а, б - в момент разряда

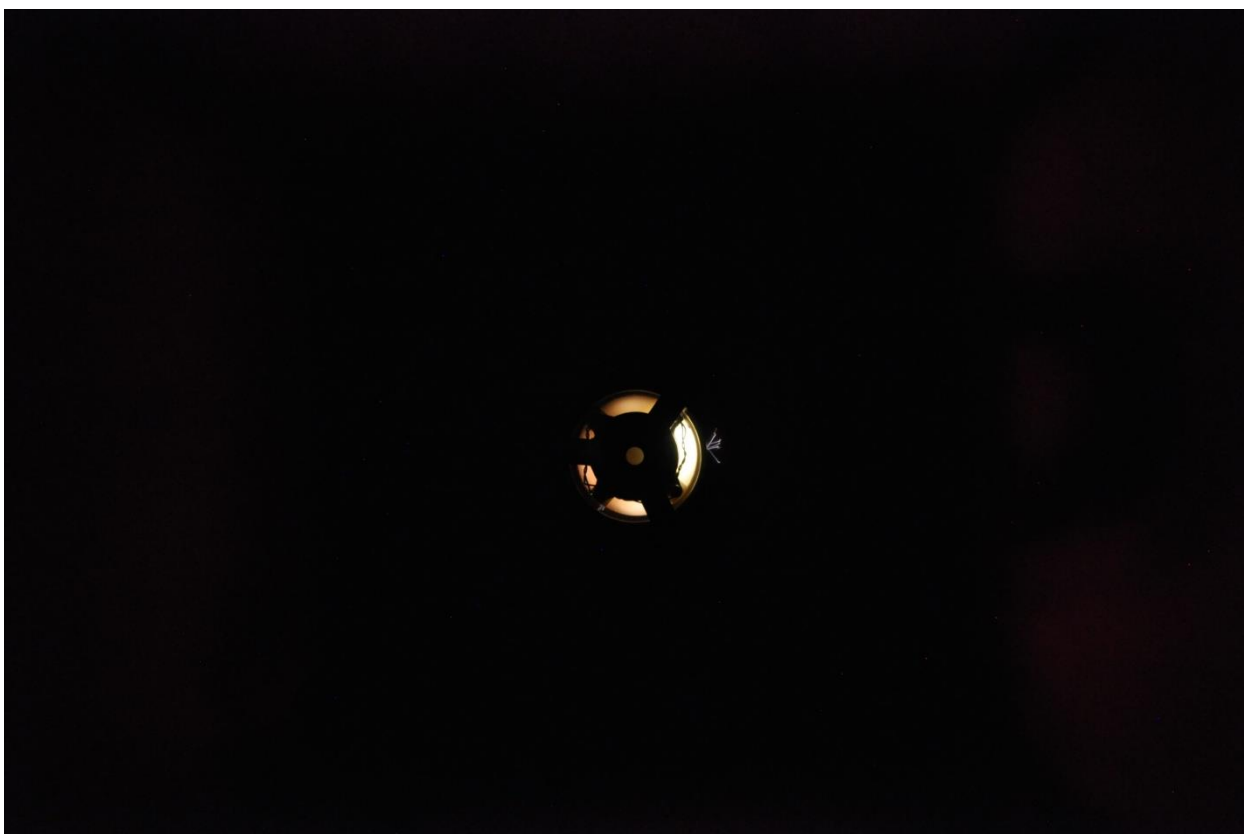
В исследованиях могут быть применены объекты, выполненные из различных конструкционных материалов. Для фиксации искры важно, чтобы материал образца был достаточно непрозрачным. Образец может быть выполнен для решения определенных

задач из не абсолютно прозрачного материал, такое возможно, и именно с подобной ситуацией столкнулись.

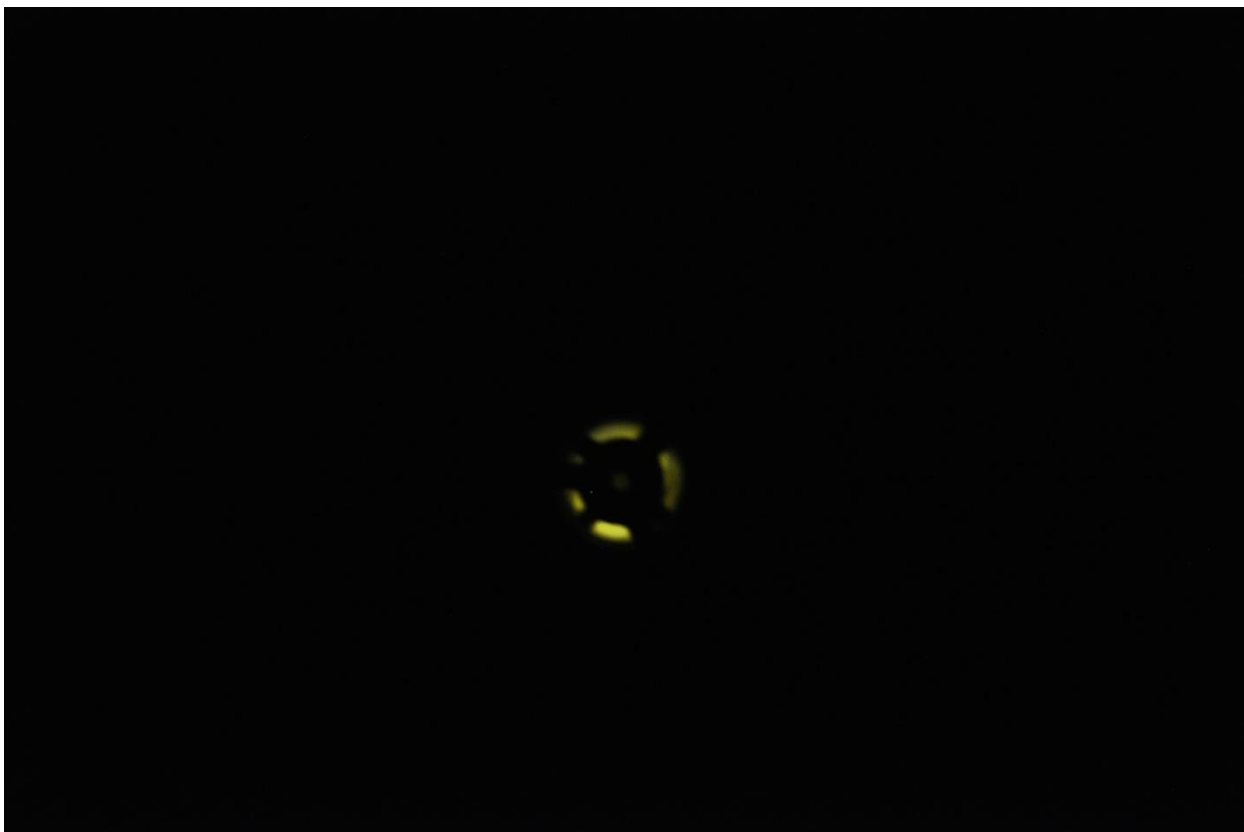
Вспышка от молниевых разряда обладает значительной энергией, следовательно, дает сильную засветку при высокой проницаемости материала исполнения объекта исследований, и из-за засветки фотоаппарат не может определить наличие искры в исследуемых точках. Такая ситуация нас меньше устраивает по сравнению с абсолютно непрозрачным составом объекта. Поэтому появилась задача, состоящая в том, чтобы нейтрализовать засветку от внешнего источника.

Для разрешения этой проблемы предложены были следующие решения:

- нанесение черной краски в несколько слоев с целью поглощения внешней засветки. Светопроницаемость материала образца оказалась выше предполагаемой, и не дало положительных результатов;
- нанесение слоя непрозрачного скотча. В результате получили приемлемые результаты, которые отражены на рисунке 6.



а)



б)

Рисунок 6. Фотографии объекта в характерных точках: а, б: - после проведенных мероприятий

На фотографии видна электрическая искра (см. рисунок ба). Электрические искры - это электрический пробой зазора в области скопления паров топлива [1].

Регистрация объекта производится до, во время и после испытания.

Анализ предполагает сравнение фотографии до проведения испытаний, с «эталонной искрой» и полученные в исследовании.

Если возникает характерное свечение, следует ожидать, что это и есть искра.

Практика показала, что определить место возникновения искры с помощью цифрового фотоаппарата возможно.

Заключение

1 Разработано, изготовлено и испытано устройство, генерирующее электрический разряд с энергией искры 200 мкДж (ГЭТИ).

2 ГЭТИ эффективно применяется для калибровки фотоаппаратов.

3 Проведены исследования клапана слива конденсата и остатков топлива на прямое воздействие молнии с использованием цифрового фотоаппарата.

4 Предложен способ увеличения светонепроницаемости для осуществления метода фотографирования.

Литература

1. SAE ARP5416 Aircraft Lightning Test Methods (Методы испытаний летательных аппаратов на молниестойкость).
2. Баранов, Александр Михайлович. Облака и безопасность полетов / А. М. Баранов. - Л.: Гидрометеиздат, 1983. - 231 с.: ил.
3. Larsson C. The interaction between a lightning flash and an aircraft in flight. C. R. Physique 3 (2002) 1423-1444.
4. ГОСТ 12.1.044-89 «ССБТ. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения».
5. КТ 160G/14G Квалификационные требования. Условия эксплуатации и окружающей среды для бортового авиационного оборудования.
6. https://ru.wikipedia.org/wiki/Светочувствительность_цифровых_камер/.

Сведения об авторах

Хренов Сергей Иванович, 1958 года рождения, 142100, Подольск ул. Рабочая, д. 24/23, кв. 5, доцент кафедры ТЭВН «НИУ «МЭИ», канд. техн. наук, доцент., 8-916-614-67-72, khrenovsi@mail.ru

Жуликов Сергей Сергеевич, 1958 года рождения, 117461, Москва, ул. Каховка, д.12, корп. 1, кв. 37, доцент кафедры ТЭВН «НИУ «МЭИ», канд. техн. наук., 8-916-505-53-88, tech-ems@mail.ru

Турчанинова Юлия Сергеевна, 1983 года рождения, 142100, Подольск ул. Рабочая, д. 24/23, кв. 5, аспирант кафедры ТЭВН «НИУ «МЭИ», 8-916-325-05-40, turchaninovays@mpei.ru