УДК 621.327

РАСЧЕТ ЭЛЕКТРОВЗРЫВНОГО ИСТОЧНИКА СВЕТА

© Сергей Иванович Герасимов^{1,2}, Римма Валериановна Герасимова¹,
Владимир Иванович Ерофеев², Вадим Анатольевич Кузьмин^{1,2},
Ирина Александровна Одзерихо^{1,2}, Илья Олегович Синицкий²,
Константин Валерьевич Тотышев¹, Борис Александрович Яненко¹

¹Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Саровский Физико-Технический Институт (филиал НИЯУ «МИФИ»), г. Саров, Россия

²Институт проблем машиностроения РАН, г. Нижний Новгород, Россия
s.i.gerasimov@mail.ru

Аннотация. Для фотографирования объектов, движущихся с высокой (до 7М) скоростью, в условиях аэробаллистического тира обычно применяется импульсный источник света (ИИС) на основе газоразрядной ксеноновой лампы ИФК-500. Этот ИИС обладает рядом недостатков (большая длительность светового импульса, недостаточная яркостная температура), которые не позволяют получать фотографическое изображение высокого качества. Предлагается ИИС, принцип действия которого основан на аperiодическом разряде в воздухе, ограниченном в одном направлении. Проведен расчет вариантов конструкции с различной толщиной излучающей поверхности.

Ключевые слова: аэробаллистический эксперимент, визуализация, газоразрядный источник света, контактный датчик.

Работа выполнена при поддержке РФФИ (Грант № 17-08-01096).

MODELLING THE ELECTRIC-EXPLOSIVE LIGHT SOURCE

© S.I. Gerasimov^{1,2}, R.V. Gerasimova¹, V.I. Erofeev²,
V.A. Kuzmin^{1,2}, I.A. Odzerikho^{1,2}, I.O. Sinitsky²,
K.V. Totyshev¹, B.A. Yanenko¹

¹Sarov Physical-Technical Institute, Sarov, Russia

²Mechanical Engineering Research Institute of the RAS, Nizhny Novgorod, Russia
s.i.gerasimov@mail.ru

Abstract. Items moving at a high velocity (up to Mach 7) in conditions of the aeroballistic gallery are typically photographed using a pulsed light source (PLS) based on the gas-discharged xenon lamp IFK-500. This PLS has a number of shortcomings (long light pulse duration, low brightness temperature) that result in image quality that is not particularly high. An alternative PLS has been proposed, whose principle of operation is based on an aperiодic discharge in air that is limited to one direction. Simulation of the PLS at varying the thickness of the radiation surface has been performed.

Key words: aeroballistic experiments, visualization, spark light source.

Acknowledgements. The work was supported by the RFBR, project no. 17-08-01096.

Регистрация испытываемых моделей в аэробаллистическом эксперименте для последующего определения ее внешнетраекторных параметров, и далее аэродинамических характеристик,

осуществляется съемкой в отраженном свете с помощью импульсной подсветки. В качестве излучателей наиболее эффективны, так называемые, электровзрывные источники света (ЭВИС) [1]. ЭВИС представляет собой конструкцию, состоящую из двух плоскопараллельных пластин из диэлектриков и двух электродов. Схема ЭВИС показана на рисунке 1 [1].

Рис. 1. Схема ЭВИС: 1) электроды; 2) опорное и излучающее стекла. Зазор между опорным и излучающим стеклами составляет $\delta = 0,15$ мм.

Цель работы состоит в подборе толщины излучающего стекла, при которой разрушения последнего не происходит. Для достижения цели проведено численное моделирование деформирования и разрушения пластин из оргстекла разной толщины при нагрузках, возникающих во время работы ЭВИС.

На рисунке 2 показана расчетная модель, с помощью которой будет достигнут этот результат.

Рис. 2. Расчетная модель: 1 - излучающее стекло (оргстекло); 2- недеформируемая опорное стекло (опорная пластина); 3 - взрывчатое вещество (ВВ).

Нагружение излучающего стекла осуществлялось в результате взрыва заряда взрывчатого вещества с энергоемкостью, соответствующей энергии электрического импульса, которая необходима для работы ЭВИС. При работе ЭВИС в результате электрического разряда выделяется энергия $E = 75$ Дж. Размеры области, занимаемой взрывчатым веществом $0,15 \times 6,2 \times 89,6$ (в мм). Объем расчетной области, занятый ВВ составляет $V = 83,32$ мм³. В расчете использовалось ВВ Сопр. А-3 с удельной энергией $E_0 = 890$ МДж/м³ [2]. Таким образом энергия, запасенная в этом объеме $V = 83,32$ мм³ составляет $E_{ВВ} = 74,2$ Дж. В качестве материала излучающего стекла принято оргстекло.

Исследование деформирования оргстекла осуществлялось в рамках упругопластической модели с параметрами, выбранными согласно [3,4] и характерными для скорости деформирования $\varepsilon' = 800 \text{ 1/с}$. Физико-механические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1. Физико-механические свойства оргстекла

Плотность $\rho, \text{кг/м}^3$	Модуль упругости $E, \text{МПа}$	Коэффициент Пуассона ν	Предел текуче- сти $\sigma_t, \text{МПа}$	Модуль упрочнения $E', \text{МПа}$
1190	7000	0,3	300	10

В математическую модель деформирования оргстекла добавлена возможность учета разрушения. Разрушение происходит при достижении главной деформацией значения $\varepsilon_{\max} = 15\%$, что соответствует экспериментальным данным [3].

В качестве материала опорной пластины **условно** принята сталь, а модель деформирования - упругая. Толщина опорной пластины $h = 8 \text{ мм}$. Это было сделано для того, чтобы исключить в процессе численного моделирования влияния деформирования опорной пластины на характер деформаций излучающего стекла. Физико-механические свойства материала опорной пластины приведены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-механические свойства материала опорной пластины

Плотность $\rho, \text{кг/м}^3$	Модуль упругости $E, \text{МПа}$	Коэффициент Пуассона ν
7850	$2,1 \cdot 10^5$	0,3

Кроме того, на модель были наложены граничные условия (ГУ), показанные на рисунке 3.

Рис. 3. Граничные условия.

Рис. 4. Деформации и разрушение пластины из оргстекла толщиной 1 мм

Рис. 5. Разрушение пластины из оргстекла толщиной 3 мм

Рис. 6. Деформирование и частичное разрушение пластины из оргстекла толщиной 6 мм

По результатам проведенного численного моделирования можно сделать вывод, что разрушения излучающего стекла не произойдет при изготовлении его из органического стекла толщиной не менее 6 мм.

Список литературы

1. Герасимов С.И., Файков Ю.И., Холин С.А. Кумулятивные источники света. - 2-е издание перераб и доп. - Саров: ФГУП "РФЯЦ-ВНИИЭФ", 2011. - 327 с.
2. Орленко Л.П. Физика взрыва. - Изд. 3-е, испр. - В 2 т. - М.: Физматлит, 2004. - Т.1. - 832 с.
3. ГОСТ 17622-72. Стекло органическое техническое. Технические условия.
4. Мержиевский Л.А., Воронин М.С. Моделирование ударно-волнового деформирования полиметилметакрилата // Физика горения и взрыва. - 2012. - Т. 48, №2. - С.113-123.

Дата поступления: 11 февраля 2018 г.