

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИСТОЧНИКИ ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ИМИТАТОРОВ СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

LIGHT SOURCES FOR THE LARGE-SCALE SOLAR SIMULATORS STATE-OF-THE-ART

С.Б. Нестеров¹, А.А. Филатов² / anthonyfilatov@gmail.com

S.B.Nesterov, A.A. Filatov

¹Российское Вакуумное Общество

²ООО «НПО Гелиосфера», Санкт-Петербург

Рассматривается использование унифицированных ламповых модулей для построения и модернизации имитаторов солнечного излучения. На основе анализа уже существующих имитаторов солнечного излучения, требующих модернизации, а также новых перспективных имитаторов, показано, что практически для всех случаев достаточно 2-х унифицированных типов ламповых модулей мощностью 5-7 кВт и 25-30 кВт. Ламповые модули 5-7 кВт востребованы главным образом для модернизации имитаторов, находящихся в эксплуатации с 70-х годов, а также новых имитаторов с небольшими размерами пятен порядка несколько квадратных метров. Ламповые модули 25-30 кВт являются незаменимой элементной базой для создания крупногабаритных имитаторов с размерами пятен в десятки квадратных метров с высокой объемной равномерностью светового потока. Предлагаемый способ композиции светооптических схем существенно удешевляет как модернизацию существующих имитаторов, так и создание новых. Также обсуждается вопрос построения имитаторов солнечного излучения на основе маломощных ксеноновых ламп ~50 Вт и светодиодных матриц.

The use of unified lamp modules for the construction and modernization of solar radiation simulators is considered. It is shown that for modernization and creation of new simulators, two unified types of lamp modules with a capacity of 5-7 kW and 25-39 kW are sufficient. 5-7 kW lamp modules can be used to modernize existing simulators and for new ones with a spot size of the order of several square meters. Lamp modules 25-30 kW are indispensable for creating simulators with spot sizes of several tens of square meters. The proposed method of composition of light-optical circuits significantly reduces the cost of both the modernization of existing simulators and the creation of new ones. The issue of constructing solar radiation simulators based on low-power ~ 50 W xenon lamps and LED matrices is also discussed.

Ключевые слова: имитатор солнечного излучения, ксеноновая лампа, светооптическая схема, светодиодные источники излучения

Key words: solar simulator, xenon lamp, optical design and simulation, LED source

Задача дальнейшего развития экспериментальной базы для проведения тепловакуумных испытаний космических аппаратов включает в себя как модернизацию уже существующих установок, так и создание новых. Очевидно, что при модернизации существующих установок критерием оптимальности является минимальный объем переделок оригинальной конструкции, обеспечивающий технические характеристики имитатора, устанавливаемые программами испытаний изделий. При создании новых крупногабаритных имитаторов (с площадью пятна в несколько десятков квадратных метров) следует ориентироваться на универсальность их применения, которая может быть достигнута при удовлетворении следующих требований: площадь пятна 25-40 м², плотность мощности до 2-х солнечных постоянных в указанном пятне и до 10 солнечных

постоянных в пятне меньшего размера, высокая объемная однородность светового потока, позволяющая поворачивать изделие в ходе ТВИ для имитации различных условий полета. Кроме того, учитывая растущий объем коммерческих космических аппаратов, для обеспечения их наземной отработки актуальной является разработка дешевых имитаторов солнечного излучения с размерами пятен в несколько квадратных метров.

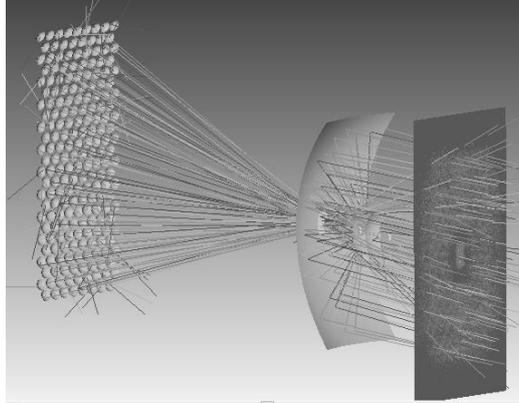


Рис.1 Расчетная модель светооптической схемы ИС-500 с 195-ю светильниками СКЛ-6.

Все перечисленные задачи частично могут быть решены за счет унификации элементной базы, позволяющей не разрабатывать каждый новый имитатор «с нуля», а строить его из унифицированных модулей как «из кубиков». Основным элементом осветительной системы имитатора солнца является ламповый модуль, объединяющий в себе ксеноновую лампу, блок поджига, рефлектор, юстировочное устройство и систему охлаждения лампы. За счет унификации этого модуля можно существенно сократить денежные и временные затраты как на реконструкцию уже существующих имитаторов, так и на создание новых.

Имитаторы солнечного излучения, введенные в эксплуатацию в 60-70 годах в СССР, обычно строились по проекционной схеме, когда световое поле заполнялось перекрывающимися световыми пятнами отдельных светильников светового щита. Такой подход обеспечивал приемлемую равномерность плотности мощности в пятне и при этом обладал огромным преимуществом, заключающимся в возможности получения светового пятна с размерами, минимально необходимыми для испытания конкретного изделия. По такой схеме построены имитаторы ИС-500, установленные в НИЦ РКП, г.Пересвет, и в НПО Машиностроения, г.Реутов. Другой имитатор, построенный в СССР, был изготовлен для эксплуатации в составе стенда тепловакуумных испытаний ТБК-120 в ОАО ИСС им. академика М.Ф.Решетнева. Изначально имитатор работал с двумя лампами мощностью 55 кВт, однако в 2009 г. был модернизирован под работу с лампами 8-10 кВт из-за того, что лампы 55 кВт были сняты с производства. При выборе ламп источников излучения для создания унифицированных модулей следует учитывать доступность ксеноновых ламп различной мощности. Дело в том, что в диапазоне мощностей 5-10 кВт доступность ламп сильно зависит от их востребованности. Основным потребителем ламп такой мощности является рынок кинопроекционной аппаратуры. В связи с массовым переходом от аналоговой кинопроекции к цифровой, лампы 10 кВт уже сняты с производства и доступны только в случае ограниченных заказов по очень высокой цене. Такая же судьба ожидает лампы 8 кВт. По этой причине для создания унифицированного лампового блока средней мощности следует ориентироваться на лампы мощностью 3-5 кВт. Эти лампы применяются в наиболее ходовых кинопроекторах и останутся доступными до тех пор, пока лазерные источники не вытеснят лампы из проекторов, т.е. еще лет 10. Унифицированный ламповый модуль 3-5 кВт решает вопрос сравнительно недорогой и быстрой модернизации уже существующих имитаторов ИС-500 и ИС-60, поскольку они изначально проектировались под лампы 5 кВт с единственным различием в том, что старые

лампы имели водяное охлаждение электродов, в то время как современные лампы требуют лишь воздушного охлаждения. Также данный модуль удобен для создания новых имитаторов с пятном в несколько квадратных метров. Так, например, для создания пятна 5 м^2 с одной солнечной постоянной требуется световой поток мощностью 7 кВт. С учетом КПД имитатора около 20% суммарная мощность осветительной системы составит 35 кВт, т.е. осветительная система может быть составлена из 7-ми модулей по 5 кВт.

При создании крупногабаритных имитаторов солнечного излучения с пятнами в несколько десятков квадратных метров обычно требуется высокая степень объемной однородности светового потока. Ее можно обеспечить в схеме с внеосевым зеркалом и одним входным блоком. При этом достаточную энергетику уже могут обеспечить более мощные лампы 25-30 кВт. Например, требуется получить пятно диаметром 6 м с двумя солнечными постоянными. Требуемый световой поток равен примерно 80 кВт. При КПД имитатора 20% мощность осветительной системы составит 400 кВт. При использовании 25 кВт ламповых модулей их общее количество составит 16 шт., вполне допускающее один оптический ввод в объем вакуумной установки. Использование же 80-ти ламповых модулей по 5 кВт исключает возможность одного ввода и потребует, по крайней мере, четыре ввода, при использовании которых объемная однородность будет хуже. Возвращаясь к вопросу доступности ламп, следует отметить, что семейство ламп с мощностями 15 кВт, 25 кВт и 30 кВт востребовано исключительно в области тепловакуумных испытаний космической техники. По этой причине данным лампам не грозит снятие с производства, поскольку спрос на них не определяется конъюнктурой рынка киноиндустрии. Лампы серийно выпускаются компаний USHIO.

Таким образом, два типа ламповых модулей эффективно решают вопросы модернизации существующих имитаторов солнца, создание недорогих новых массовых имитаторов небольшого размера и создание крупногабаритных комплексов с уникальными светотехническими характеристиками.

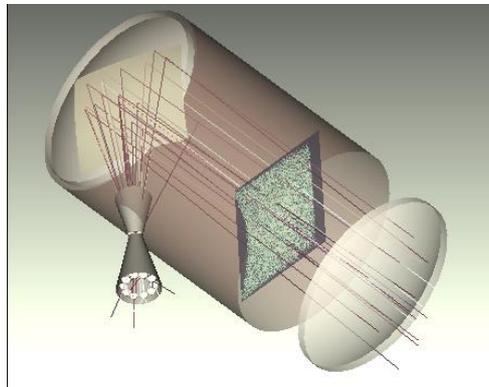


Рис.2. Расчетная модель перспективного имитатора солнечного излучения с пятном 25 м^2 .

ЛИТЕРАТУРА

1. Вшивков А.Ю., С.А.Крат, В.И.Халиманович, В.В.Христич, А.А.Филатов, С.В.Кравченко, С.Б.Нестеров, В.А.Романько. Тепловакуумные испытания современных космических аппаратов.- Санкт-Петербург, Вакуумная техника и технология, том 21, №3, 2011, с.171-177

2. Крат С.А., Филатов А.А., Христич В.В., Схема суммирования световых потоков от набора газоразрядных ламп для имитатора солнечного излучения, Оптический журнал, том 78 (2011), стр. 66-72