

— при отборе проектов основной является конкурсная система, для чего по каждой программе и ее направлению на широкой демократической основе объявляется в открытой печати конкурс, а сами проекты анализируются группами экспертов из представителей АН СССР, вузовской и отраслевой науки, представителей промышленности и общественных организаций. На конкурс принимаются предложения и по крупным проектам, и по отдельным научным и техническим решениям для реализации крупных проектов;

— научное руководство каждой программы осуществляется Научным советом, возглавляемым ее научным руководителем. Совет организовывает разработку Концепции программы, осуществляет научный контроль за ходом ее выполнения;

— решение по вопросам финансирования проектов принимает ГКНТ СССР на основе рекомендаций Научных советов, в распоряжении которого тем самым оказывается фонд программы. ГКНТ СССР не может отменять рекомендации Совета, если они находятся в пределах общего фонда программы. Средства на проект ГКНТ

СССР переводит непосредственно руководителям проектов или в их организации и выдаются на проект в целом с ежегодным перечислением;

— предпочтение отдается проектам, в которых не только решается принципиально сложная задача и на мировом уровне ее решения, но проект содержит реализацию конечной цели программы или этапа ее концепции, т. е. представляется коллективом исполнителей, охватывающим все этапы инновационного цикла.

Подробнее с содержанием ГНТП, порядком их реализации, условиями конкурсов можно ознакомиться в ГКНТ СССР, в том числе запросив в организации набор документов. Необходимо только помнить, что хотя многие конкурсы уже объявлены и часть уже завершена, это не значит, что предложения по проектам не следует подавать. Экспертные и Научные советы действуют на постоянной основе, любые предложения будут тщательно рассмотрены и, возможно, приняты после анализа и как основные. Будут объявлены в течение времени реализации программы, как правило до 2000—2005 года, и многочисленные дополнительные конкурсы.

УДК 628.94.001.24

ИМИТАТОР СОЛНЕЧНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

А. И. РЫМОВ, канд. техн. наук

Всесоюзный светотехнический институт

Имитаторы солнечного излучения (ИСИ) предназначены для тепловых и радиационных испытаний изделий, подвергающихся в условиях эксплуатации длительному воздействию солнечной радиации. Нередко тепловые испытания сочетаются с испытаниями криовакуумными в условиях искусственного космоса. Эти условия осуществляют в специальных криогеновых камерах, в которые помещают изделия. В последнем случае излучение ИСИ вводится через иллюминатор небольшого диаметра в камеру, где оно формируется с помощью оптических средств в широкий коллимированный световой пучок, облучающий изделие. В настоящей статье описаны особенности светооптической системы ИСИ для облучения в криогеновых камерах объектов диаметром 2,1—2,4 м.

В ИСИ должны быть воспроизведены следующие основные характеристики солнечного излучения: спектр, уровень облученности (вне атмосферы 1,4 кВт/м²), равномерность облученности, угол расходности лучей (средний по орбите Земли $\pm 16'$).

Полное воспроизведение указанных характеристик невозможно. На практике довольствуются определенными приближениями и компромиссами, учитывающими конкретное назначение ИСИ и экономические соображения. Для тепловых испытаний качество ИСИ считается удовлетворительным, если спектр солнца имитирован спектром ксеноновой лампы сверхвысокого давления (в ответственных случаях с корректирующим светофильтром), угол расходности лучей составляет $\pm(2-4)^\circ$, а отклонение облученности от ее среднего уровня в рабочем объеме не превышает $\pm(5-10)\%$.

Несмотря на большое разнообразие существующих ИСИ как по мощности, так и по конструкции [1], все они содержат сходные по функциональному назначению оптические элементы: ИС, коллекторный отражатель, конденсирующий излучение на иллюминаторе вакуумной камеры, оптическое устройство, выравнивающее светораспределение вводимого в камеру светового пучка, и установленный в камере отражатель, коллимирующий световой пучок, направляемый на объект облучения. Описываемый ИСИ состоит из тех же функциональных элементов, но вместе с тем имеет свои особенности, вытекающие из стремления к технологичности конструкции, удобству эксплуатации и уменьшению занимаемых объемов. Ниже приводятся све-

тооптическая схема ИСИ (рис. 1) и краткое описание ее принципа действия.

Источником излучения ИСИ является дуговой разряд ксеноновой разборной металлической лампы-светильника сверхвысокого давления мощностью 55 кВт типа ДКсРМ-55000 [2]. Лампа-светильник (в дальнейшем лампа) разработан группой инженеров, руководимой канд. техн. наук Г. И. Рабиновичем (ВНИСИ). Производство лампы освоено на СПО «Светотехника». В лампе конструктивно объединены источник излучения (дуговой разряд в ксеноне) и коллекторный эллипсоидный отражатель, которым является внутренняя поверхность металлического корпуса лампы. Излучение выходит из лампы сформированным пучком через отверстие в корпусе, перекрытое двумя купольными кварцевыми стеклами, установленными выпуклостью к разряду. Между стеклами протекает охлаждающая их дистиллированная вода. Металлические стенки лампы охлаждаются технической водой. Срок службы лампы составляет около 250 ч. По истечении срока службы лампа может быть разобрана, регенерирована и вновь использована. Питание лампы осуществляется от агрегата ТП9-7Х700/115Т—У4. Номинальная выходная

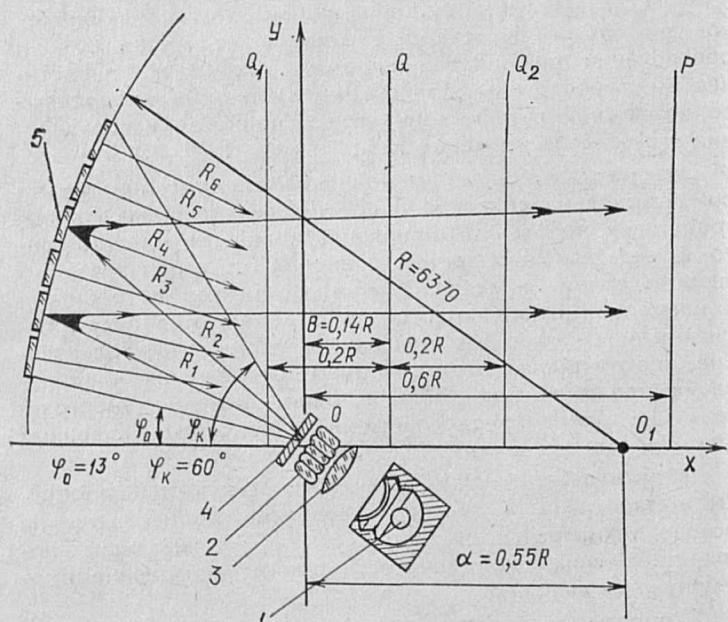


Рис. 1. Схема светооптической системы имитатора солнечного излучения:

1 — лампа ДКсРМ-55000; 2 — оптический интегратор; 3 — кварцевая линза; 4 — иллюминатор; 5 — коллимирующий фасетный отражатель

мощность источника питания 55–80 кВт. Использование в ИСИ одного компактного регенерируемого мощного ИС лампы-светильника удобно в эксплуатации, существенно экономит производственные площади. В этом одна из особенностей описываемого ИСИ. Лучистого потока одной лампы типа ДКсРМ мощностью 55 кВт достаточно для облучения рабочего объема диаметром 2,1–2,2 м. Для облучения рабочей зоны большего диаметра (2,4–2,5 м) в ИСИ предусмотрена установка вместо лампы типа ДКсРМ-55000, являющейся основной, другой более мощной лампой типа ДКсРМ-70000 мощностью 70 кВт, разработанной СПО «Светотехника» по заданию и при участии ВНИСИ специально для описываемого ИСИ. Срок службы лампы составляет 100 ч. Лампы типов ДКсРМ-55000 и ДКсРМ-70000 имеют одинаковые габаритно-пристыковочные размеры и полностью взаимозаменяемы. Ведутся работы по повышению срока службы обоих типов ламп.

Недостаточно равномерный световой пучок, вышедший из лампы-светильника, выравнивается оптическим интегратором, который представляет собой набор одинаковых оптических элементов — кварцевых стержней шестиугольного сечения со сферическими торцами [3]. Выходящие из оптических элементов световые пучки одинаково направлены и имеют одинаковые телесные углы рассеяния света и мало изменяющуюся силу излучения внутри этих углов. При наложении световых пучков от всех элементов происходит симметризация светораспределения светового пучка и сглаживание его локальных неоднородностей, при этом имеет место спад силы излучения от оси к краю пучка по закону $I_d \approx I_0 \cos^{4.5} a$ (a — угол между осью пучка и направлением силы излучения; I_0 — сила излучения в осевом направлении). Для уменьшения углов входа лучей в ОИ перед ним установлена двояковыпуклая линза. Оптический интегратор выполнен в двух взаимозаменяемых модификациях. Основная из них имеет угол рассеяния света в плоскости xOy (рис. 1) равный 18,4°. Эта модификация ОИ предназначена для освещения рабочей зоны диаметром 2,1 м. Вторая дополнительная модификация имеет угол рассеяния 21° и предназначена для освещения рабочей зоны диаметром 2,4 м. Сформированный таким образом световой пучок проходит через иллюминатор, далее падает на коллимирующую зеркало и, отражаясь от него, облучает испытуемое изделие, расположенное в рабочей зоне ИСИ. Отражатель состоит из шестиугольных фасет со сферической отражающей поверхностью. Выбор сферической формы фасет обусловлен простотой технологии их изготовления.

Известно, что при определенных геометрических соотношениях сферический отражатель создает в некоторой плоскости Q облученность, близкую к равномерной. Как показали наши расчеты, удовлетворительные результаты могут быть получены при следующих значениях параметров схемы (рис. 1): $a = (0,53 \div 0,6)R$, $b = (0,12 \div 0,15)R$. На рис. 2 (кривая 1) показано относительное распределение облученности вдоль прямой $x = \text{const}$ в плоскости Q , отстоящей от равномерно излучающего ИС (точка 0) на расстояние $b = 0,14R$ вдоль оси x , при этом значение a составляло $0,55R$.

Угол деколлимации отраженных фокальных лучей при указанных параметрах a и b не превышает $\pm 1,5^\circ$.

Вместе с тем применение сферического отражателя в качестве коллимирующего имеет ряд недостатков. Одним из них является резкое ухудшение равномерности облученности при параллельном перемещении облучаемой поверхности вдоль оси x , т. е. небольшая протяженность (глубина) рабочей зоны. На рис. 2 показано относительное распределение облученности в двух плоскостях Q_1 и Q_2 , отстоящих от оптимальной плоскости Q на $\pm 0,2R$, а от точки 0 вдоль оси x , соответственно на $b_1 = -0,06R$ (кривая 2) и $b_2 = 0,34R$ (кривая 3). Неравномерность облученности усиливается в связи с упомянутым выше спадом силы излучения в световом пучке, падающем на отражатель. Кривая 1а на рис. 2 иллюстрирует распределение облученности в плоскости Q с учетом этого спада. Другим недостатком сферического отражателя является ухудшение равномерности облученности с увеличением угла охвата

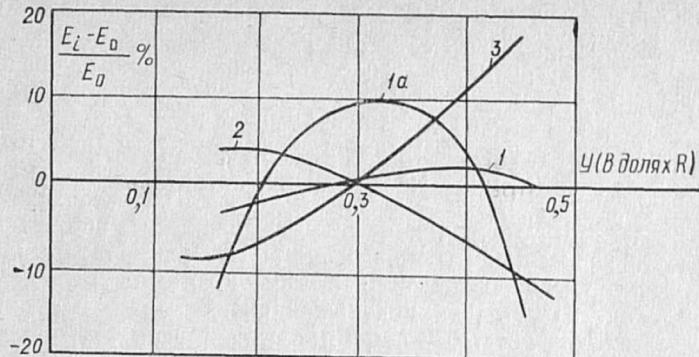


Рис. 2. Относительное распределение облученности E (кривые 1–3) в плоскостях Q , Q_1 , Q_2 (рис. 1) при равномерном светораспределении излучателя

Кривая 1а — изменение E в плоскости Q с учетом влияния оптического интегратора

отражателя $\Delta\phi = \phi_k - \phi_0$ (рис. 1), которое целесообразно с точки зрения экономии полезного объема вакуумной камеры, а также увеличения КПД установки, особенно при применении широко излучающей лампы-светильника ДКсРМ-55000.

Для устранения этих недостатков в разработанном ИСИ применен следующий способ построения коллимирующей поверхности. Отражатель составлен из одинаковых по габаритам шестиугольных фасет. Центры отражающей поверхности фасет лежат на сфере радиуса R , близкой к оптимальной ($R = a/0,55$). Радиусы отражающей поверхности фасет также близки к оптимальному, но не равны ему и незначительно отличаются друг от друга. Причем радиусы кривизны R_i отдельных фасет рассчитаны таким образом, чтобы средняя облученность E_i в световых пятнах от фасет в некоторой плоскости наведения P (рис. 1) была бы одной и той же и равной средней облученности E_0 .

Корректирование радиусов кривизны фасет было выполнено путем варьирования R_i , расчета лучистых потоков F_i , отраженных от фасет, построения контуров световых пятен от фасет в плоскости P , вычисления площадей S_i световых пятен и определения облученности $E_i = F_i/E_i$, которая после корректировки R_i должна быть равна $E_0 = \sum F_i / \sum S_i$. При расчетах предполагалось, что ИС бесконечно мал, а его светораспределение соответствует реальному после оптического интегрирования. Различия в радиусах кривизны R_i отдельных фасет оказались незначительными и не превышающими $\pm 5\%$.

При изменениях R_i в плоскости P возникают области наложения световых пятен друг на друга или области разрывов между ними. Эти области сведены к минимуму путем незначительных перемещений световых пятен в плоскости P при юстировке отражателя.

При переходе к реальному ИС с угловыми размерами $\pm(1,5 \div 2,5)^\circ$ относительно точек поверхности отражателя происходит сглаживание локальных неравномерностей облученности до нескольких процентов от среднего уровня. Для увеличения глубины рабочей зоны расчетная плоскость P выбрана наиболее удаленной в рабочей зоне ($x = 0,6R$).

Практически фасеты были объединены в пять групп с близкими радиусами кривизны и изготовлены в пяти разновидностях. Юстировка фасет отражателя проводилась с помощью экрана, установленного в плоскости P , на котором были вычерчены для «точечного» ИС расчетные контуры световых пятен от фасет, наилучшим образом распределенные по плоскости P для устранения перекрытий и разрывов. При юстировке в световой центр излучателя был помещен ИС малых размеров. Полученные на экране световые пятна от фасет путем угловых юстировочных подвижек были совмещены с соответствующими расчетными контурами световых пятен от фасет.

Фасетный отражатель, состоящий из 89 фасет, и световой блок, содержащий лампу, электроразъемы, гидросоединения и блокировки, сконструированы и изготовлены Центральным конструкторским проектно-технологическим бюро АН УзССР. Фасеты изготовлены из стекла; отра-

жающая поверхность выполнена напылением алюминия в вакууме. Охлаждение фацет осуществляется благодаря их излучению в вакууме на холодные черные экраны, расположенные за отражателем. Клапанное соединение лампы с системой охлаждения дистиллированной и технической водой позволяет производить быструю замену ламп в случае необходимости. Чувствительные юстировочные устройства позволяют путем линейных и угловых подвижек устанавливать отражатель и фацеты в положение, соответствующее описанной светооптической схеме. Направление светового пучка, видимого в камеру, можно менять в пределах $\pm 1^\circ$ угловой подвижкой ОИ.

В результате опытно-промышленных испытаний были получены следующие характеристики ИСИ: уровень облученности не менее 1,6 кВт/м²; максимальный угол расходимости лучей $\pm 4^\circ$; форма светового пятна овальная с габаритами 2,1 (горизонтальный размер) на 2,3 м для первой модификации оптического интегратора и 2,4 на 2,6 м — для второй модификации; глубина рабочей зоны составила 2,5 м. Неравномерность облученности определена по формуле: $100(E_i - E_0)/E_0$ — в 486 точках рабочего объема. Три плоскости по 162 точки. Для рабочего объема диаметром 2,1 м получены следующие результаты. В 88% рабочего объема неравномерность облученности составила менее $\pm 8\%$, для 95% объема не превышала $\pm 10\%$ и для 99% объема не превышала $\pm 15\%$.

Описанный ИСИ установлен в криотермовакуумной камере объемом 250 м³ и успешно функционирует.

В разработке светооптической системы ИСИ и его юстировке принимали участие инженеры В. И. Скоблова и Ю. С. Семенов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козлов Л. В., Нусинов М. Д. и др. Моделирование тепловых режимов космического аппарата и окружающей его среды// Под ред. академика Г. И. Петрова. М.: Машиностроение, 1971.
2. Справочная книга по светотехнике// Под ред. Ю. Б. Айзенберга. М.: Энергоатомиздат, 1983.
3. Рымов А. И., Скоблова В. И. Оптические интеграторы// Светотехника, 1988. № 8. С. 12—15. Поправка. 1988. № 11. С. 30.

* * *

The paper describes a light-optical system for a solar radiation simulator to irradiate objects 2.1 to 2.4 m in diameter inside cryothermovacuum chambers. The simulator is provided with a lamp which in the case of a chamber with a diameter of 2.1 m takes the form of an arc discharge xenon dismountable metallic lamp rated at 55 kW. A 2.4 m chamber is illuminated with the same type of lamp 70 kW. Luminous distribution in the light beam is smoothed by a quartz optical integrator. The radiation flux is collimated by a reflector composed of spherical facets with differing curvature radii. Such facets allow to enhance the irradiation uniformity in the operating volume and to extend its length.

УДК 621.327

ГЛУБОКОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ИЗЛУЧЕНИЯ ЛАМП ДРЛ

Я. А. КУНГС, Б. А. ОЩЕПКОВ, кандидаты техн. наук, Ю. И. ПОПОВ, инж.

«Сибцветметэнерго», комбинат
«Красноярскмепрепараты»

В связи с необходимостью экономии электроэнергии в ОУ, широким распространением регулируемых ОУ за рубежом, потребностью в ОУ с изменяемым световым потоком в нашей стране регулирование светового потока ламп ДРЛ является актуальным.

Исследование работы ламп ДРЛ проводилось по схеме, представленной на рис. 1 [1]. Принцип регулирования состоит в том, что при снижении напряжения и тока, про-

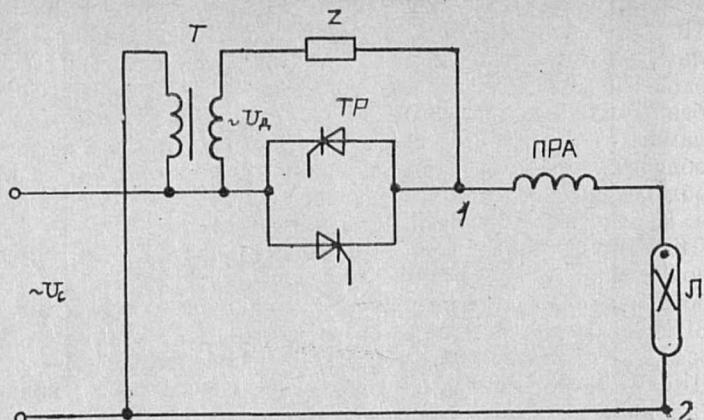


Рис. 1. Принцип регулирования разрядной лампы

U_c — напряжение сети, U_d — дополнительное напряжение вольт-добавочного трансформатора T , TP — тиристорный регулятор, Z — токоограничивающее сопротивление, PRA — пускорегулирующий аппарат лампы L , 1 и 2 — точки подключения комплекта PRA -лампа

ходящего через тиристорный регулятор TP , горение лампы L поддерживается через цепь с дополнительным источником электроэнергии напряжением U_d и с токоограничивающим сопротивлением Z . По этой схеме световой поток РЛ различным типов снижался до 1% номинальной величины.

Невозможность воспроизведения опытов с отечественными лампами при указанных в [1] параметрах схемы, а также потребность в реализации других режимов побудили нас к собственным исследованиям глубокого регулирования. В данной статье изложен материал, дополняющий информацию [1]. Пробные опыты проводились с лампами ДРЛ различной мощности. Для них характеристики были прослежены не по всему диапазону изменения параметров, а только при их крайних и некоторых промежуточных значениях. Более полные исследования, материалы которых приведены в статье, выполнялись с лампами ДРЛ-400.

Одно из основных отличий от [1], установленное при исследованиях, состоит в возможности глубокого регулирования светового потока при любых видах сопротивления Z (активном, емкостном и смешанном). Другое отличие состоит в широком изменении величины этого сопротивления. В [1] в качестве токоограничивающего сопротивления использовались только индуктивности, величины которых для каждого эксперимента принимались с точностью до тысячных долей генри.

Характеристики с индуктивным сопротивлением нами не снимались в связи с достаточно полным изложением этого материала в [1]. Подробные исследования для резистора оказались затруднительными в связи с сильным его нагревом и потребностью эффективного водяного охлаждения. Так, например, резистор типа ПЭВ-50 сопротивлением 240 Ом мощностью 50 Вт доводил литр воды до кипения за 10—12 мин. По указанной причине работа схемы с активным сопротивлением имеет и меньшее практическое значение. Схема же с емкостным сопротивлением свободна от недостатков, ставящих под сомнение ее работоспособность, в связи с чем она и была принята для последующего исследования.

Установлено, что величина токоограничивающего сопротивления в значительной степени влияет на глубину регулирования. Зависимость установившегося значения светового потока от величины емкости в качестве сопротивления Z приведена на рис. 2 (для полностью запертого состояния тиристоров). Определение предпочтительного (оптимального в каком-то смысле) значения емкости нецелесообразно, так как лампа стабильно регулируется и горит во всем диапазоне значений светового потока, а емкость выбирается по заданному наименьшему значению светового потока.

Установлен вид зависимости светового потока от времени при разгорании лампы до любого значения светового потока в диапазоне регулирования: