

| Номинальная мощность ГЛВД, Вт | Тип ИС | Установочные размеры ПРА, мм | Габаритные размеры ПРА, мм | | | Масса, кг |
|----------------------------------|--------|------------------------------|----------------------------|--------|--------|-----------|
| | | | Длина | Ширина | Высота | |
| 70 80/50 100 125 125 | ДНат | 78,5×62 | 105 | 82 | 70 | 1,45 |
| | ДРЛ | | | | | 1,40 |
| | ДНат | | | | | 1,80 |
| | ДРЛ | | | | | 1,56 |
| | ДРИ | | | | | 1,80 |
| 150 175 | ДНат | 78,5×80 | 110 | 100 | 75 | 2,35 |

3413 толщиной 0,35 мм. В катушке использован медный обмоточный провод.

Настройка ПРА по току производится с помощью устанавливаемой в немагнитный зазор магнитопровода скобы из калиброванного медного обмоточного провода. После сжатия, обеспечивающего необходимое значение рабочего тока в процессе настройки ПРА, сердечник фиксируется с помощью стяжки.

Пропитка ПРА осуществляется пигментированным эпоксидным составом на вакуумпропиточной установке. Одновременно с пропиткой производится окраска аппаратов.

Конструкция ПРА позволяет получать высокие значения коэффициентов использования материалов: стали — 0,75, меди — 0,98.

Технические параметры ПРА для напряжения сети $U_c=220$ В и частоты 50 Гц приведены в табл. 1, габаритные и установочные размеры и масса ПРА — в табл. 2.

В конце 1984 г. были изготовлены установочные серии ПРА для ГЛ типов ДРЛ и ДРИ. Установочная серия ПРА для ГЛ типа ДНат будет выпущена ПО «Ватра» во втором квартале 1985 г. Одновременно на ПО «Ватра» разработаны ПРА на штампованным магнитопроводе, их освоение намечено на ПО Армэлектросвет в 1985 г.

* * *

A new range of ballasts for small discharge lamps such as high-pressure fluorescent, metal-halide and sodium-vapour tubular between 50 and 175 W is described. They are suitable for temperate, cold and tropical climatic zones. Their noise level is rated as very low.

УДК 628.94:628.973.1:001.892

ХУДОЖЕСТВЕННОЕ КОНСТРУИРОВАНИЕ БЫТОВЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

В. Б. БУРСКИЙ, инж.,
В. Г. МАКАРЕВИЧ, архит.,
С. Г. ЮРОВ, проф., доктор техн. наук

ЦНИИЭП жилища, МАрхи,
Всесоюзный светотехнический институт

Разработка и промышленное производство бытовых светильников (БС) осложняется требованием их художественного разнообразия, согласно которому БС данного типа, обладающий определенной совокупностью технико-экономических параметров, должен выпускаться на рынок во многих десятках и даже сотнях различных художественных исполнений. Это означает, что создание БС требует не только инженерного, но и серьезного художественного подхода. Заметим, что синтез науки, техники, экономики и эстетики характерен для нашего времени [1]. Понятно, что такой синтез невозможен без общего для инженеров и художников технико-эстетического языка и без количественной оценки художественных качеств (показателей, достоинств) конкретных БС. Предлагаемая ниже работа может расцениваться как попытка рассмотрения и анализа некоторых вопросов, относящихся к художественному конструированию БС. Разумеется, что художественное конструирование в принципе не может осуществляться по какому-то однозначному «рецепту красоты». Основная цель статьи систематизировать эстетические понятия и требования, о которых должен помнить и которые должен учитывать разработчик в процессе создания БС.

С целью систематического улучшения эстетических качеств БС при ВНИИСИ много лет работает Центральный художественно-технический совет (ЦХТС), который рассматривает и оценивает художественные качества БС, подготавливаемых к производству промышленностью.

Авторы статьи являются членами ЦХТС, что позволяет считать высказанные ниже соображения попыткой некоторого обобщения практики работы ЦХТС*.

Некоторые общие эстетические понятия с точки зрения художественного конструирования БС. Требования не только к утилитарным, но и к эстетическим качествам БС определяются его назначением. Для выбора эстетических параметров необходимо оценить не только предметную среду, в которой предстоит эксплуатировать БС, но и ее владельца. Проектировщик должен знать и учитывать сущность социальных процессов, происходящих в обществе. Посемейное заселение отдельных квартир оказало сильное влияние на структуру потребления. Появилась ярко выраженная тенденция приобретать дорогие престижные вещи, рассчитанные на долговременное пользование. Социологи считают, что возникла почва для «стихийных тенденций», которые толкают человека от вынужденного «аскетического» к «престижно-потребительскому» типу потребления. Последний возникает в результате следования модели «престиж — накопление — комфорт». Одновременно просматривается более предпочтительный для общества вариант развития потребностей по модели «здравье — отдых — комфорт». Последнее направление успешно противостоит предыдущему. Развитие потребностей у человека, их направленность зависят от того, какую роль в его жизни играет работа, насколько он ей увлечен. Социологи справедливо считают, что увлечение работой пока остается единственным психологическим противовесом увлеченностии вещами. Культурные ценности, к которым относятся и БС, принимают активное участие в формировании общественных нравов. Выбор адресата существенно влияет на художественное решение. Этот выбор, как правило, служит основным критерием для эстетических параметров, используемых автором при создании новой модели. Правильность художественного решения зависит от таланта, культуры и профессионального уровня проектанта.

* Авторы благодарят Н. С. Иванову, М. Ю. Каплинскую, И. А. Кулакова, Д. Е. Лурье за помощь, оказанную при подготовке статьи, а также Л. А. Куликову за подбор иллюстраций.

Композиция БС — это зрительная согласованность его элементов по пропорциям, форме, размерам, материалам, фактуре и цвету. В понятие композиции БС входят также его пространственная и пластическая организация, стилистическое и масштабное единство с выделением главного и подчиненных элементов. Соблюдение всех этих условий обеспечивает композиционную целостность БС — определяющего критерия его эстетической оценки. Укажем на некоторые правила, вытекающие из определения композиции БС.

Согласование элементов БС по пропорциям, форме, размеру и пластическому решению определяется необходимостью выявления тектонической структуры БС, т. е. различия несущих, несомых, а иногда и венчающих форм. Отсутствие тектоники разрушает композицию, превращая ее в механический набор не связанных между собой форм. Тектоничность БС — это его особое художественное качество, воспринимаемое как категория «прекрасного», вырабатываемая в человеке природой и ассоциативно связанная с ней.

Эстетические качества БС зависят в том числе и от сочетаний различных применяемых в БС материалов. Простые композиции допускают ограниченное число материалов. Практика показывает, что в БС их, по-видимому, должно быть не более трех. Поиск сочетаний различных материалов, их покрытий и т. п. представляет собой творческую задачу. Вместе с тем, практика уже знает неудачные сочетания, такие как хрусталь и дерево, хрусталь и молочное стекло, текстиль, керамика или пластмасса. Использование литья и дерева также приводит к неудовлетворительному эффекту.

Цвет — важный элемент композиции БС. При удачном выборе цвет «идет» светильнику. Можно говорить о цветовой гамме и колорите БС, которые безусловно оказывают существенное психологическое и эстетическое воздействие, о чем приходится постоянно помнить конструктору. Выбор цветовых сочетаний, теплых и холодных тонов, насыщенности, дополнительных цветов и цветовых контрастов — один из важных этапов создания БС.

Понятие стиль определяется исторически сложившимися сочетаниями композиционных приемов, т. е. более или менее устойчивыми пространственными и пластическими приемами, которые со временем становятся характерными признаками стиля, а затем и признаками целой эпохи. Известны, например, блестящий стиль московского классицизма начала XIX века или модерн, оставивший нам в БС начала XX века ощущение того времени. В настоящее время потребительские интересы обращены к так называемому стилю «ретро» (рис. 1), современной форме (рис. 2), которая еще не представляет четко обозначенного стиля, к непривычным, не имеющим в прошлом аналогий формам, получившим название «супертехник» (рис. 3) и, наконец, к народному стилю (рис. 4).

Термином «ретро» определяют скорее не конкретный стиль, а некоторую сумму признаков, вызывающих ощущение старины. В других случаях «ретро» связывается более определенно с тем или иным стилем, например с уже упомянутым модерном. С понятием стиля приходится сталкиваться конструктору при создании гарнитуров БС, включающих в себя подвес (люстру), напольный и настенный БС, а иногда настольную лампу (рис. 5). Важным является творческий почерк того или иного завода, производящего БС. Сейчас только немногие из них (таллинский завод «Эстопласт», ОЗ ВНИСИ) имеют его. Общая же картина — разнобой, случайность, подражание. Это тем более обидно, что общий уровень конструирования растет, улучшается качество, ассортимент и эстетика БС. Вопросы композиции и стиля сложны и требуют от конструктора высокого профессионального уровня, творческой эрудиции и вкуса.

Один из важных эстетических признаков (показателей) — качество исполнения — является своеобразной мерой технической красоты, способствующей ощущению комфорта и выработке ценностной характеристики БС в глазах потребителя. Приходится констатировать, что многим БС, представляемым на ЦХТС, не хватает именно качества исполнения, у конструкторов недостаточно развито «чувство материала», а на заводах низка культура производ-

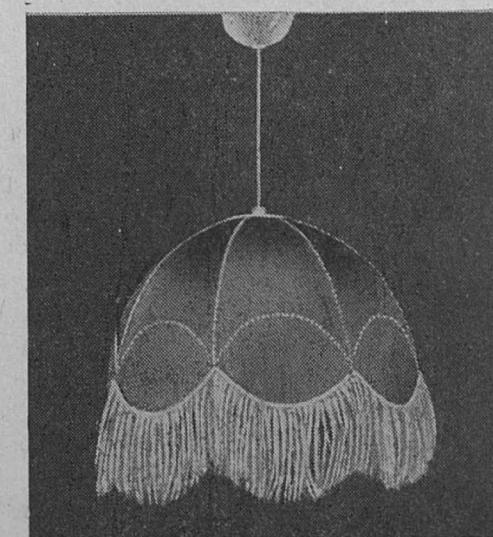
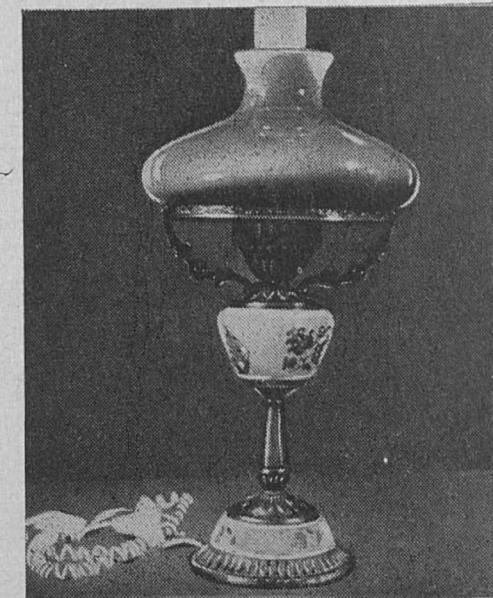
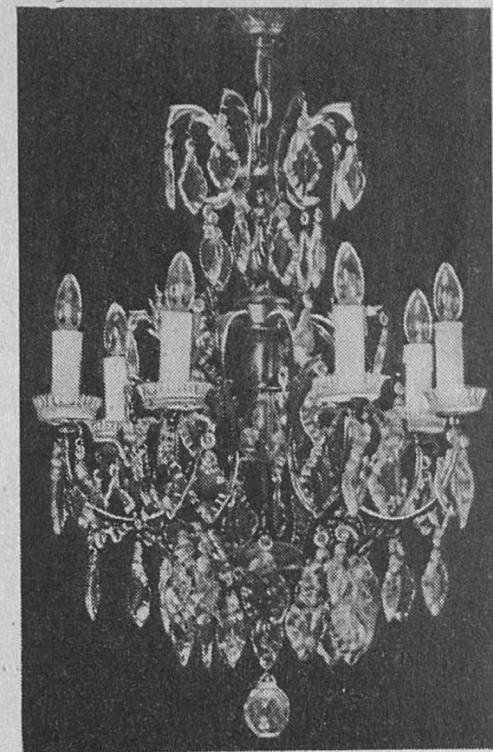


Рис. 1. Светильники в стиле «ретро»

ства. К этому следует добавить пока еще низкое качество и небогатый ассортимент светотехнических и отделочных материалов, что само по себе определяет низкий эстетиче-

ский уровень БС. Например только в самое последнее время наметились заметные сдвиги в области производства хорошего стекла, без которого разговоры о компози-

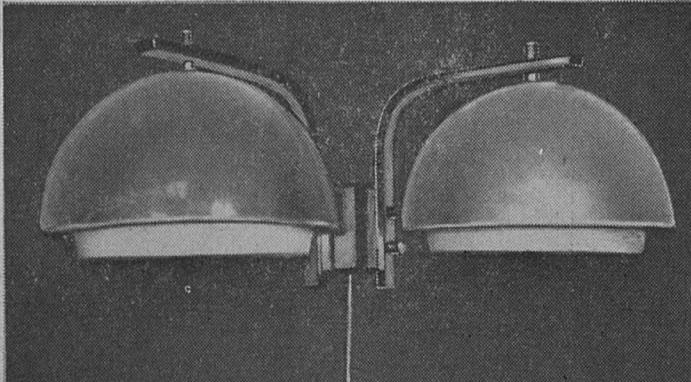
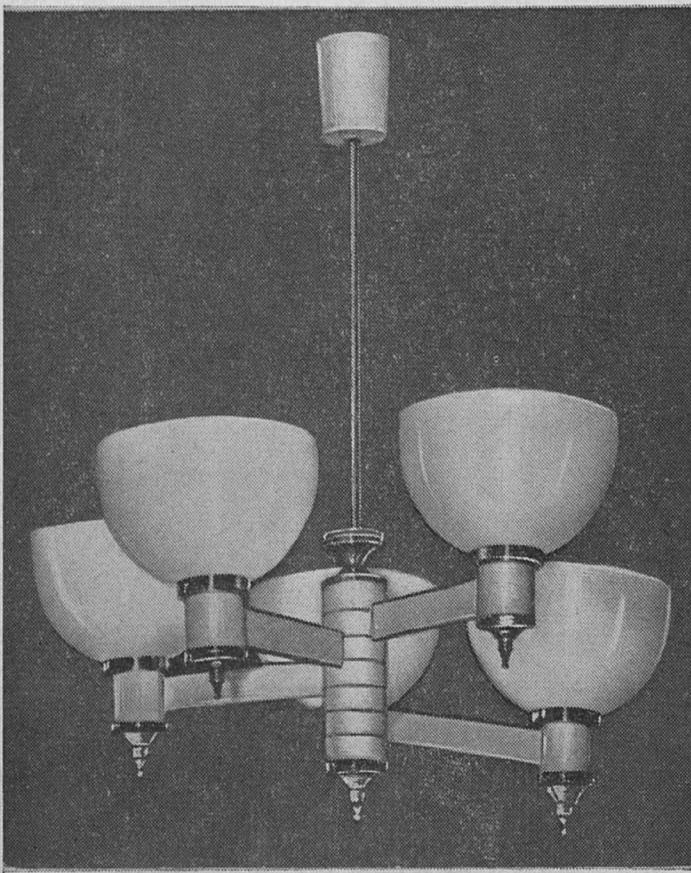
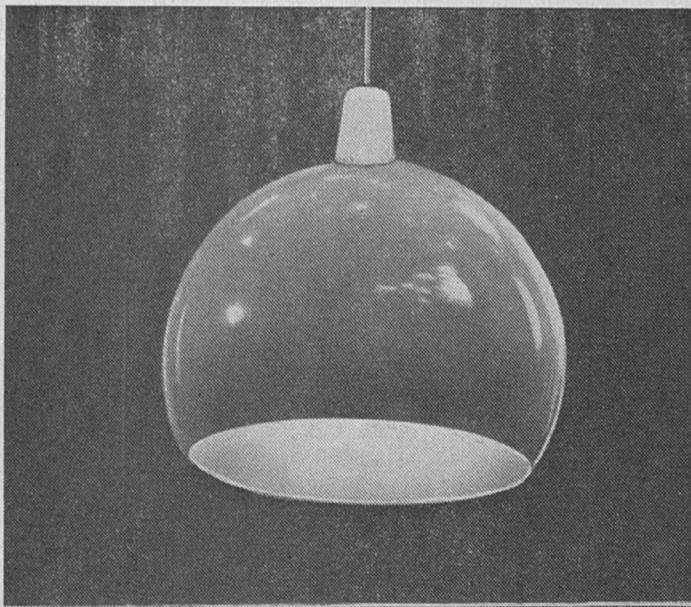


Рис. 2. Светильники современной формы

ции и эстетике по существу не имеют смысла. Слабое «чувство материала» приводит к тому, что дерево, как правило, используется робко и неинтересно, конструкторы не видят прелести в простых истинно деревянных формах. В то же время пластмасса, к сожалению, не выступает как самостоятельный эстетически полноправный материал, не рождает новых форм. Для традиционных материалов используют готовые формы: металл — чаще всего стандартный прокат, проволока или трубы, а если это литье, то воспроизводятся старинные образцы в лучшем случае классического или барочного происхождения. Хрусталь часто используется по принципу: если не можешь делать красиво — делай богато. Качество хрустала, как правило, низкое, в результате чего он теряет свои художественные свойства и становится по виду похожим на обыкновенное стекло. Отметим, что качество исполнения БС определяют чистота обработки его деталей, их сочленений и сопряжений; тщательность нанесения покрытий и сборки; четкость форм и поверхностей, их сохранность от повреждений, стирания и изменения декоративных покрытий; стойкость к действию времени, т. е. стабильность товарного вида и сохранение соответствия назначению.

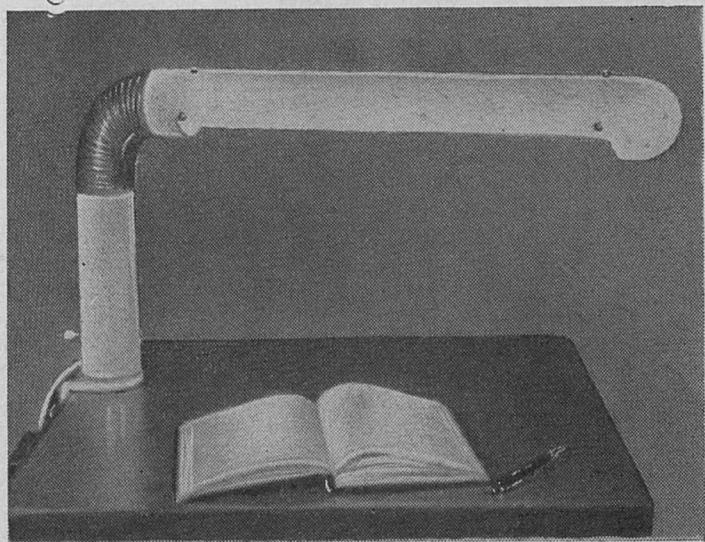


Рис. 3. Светильники в стиле «супертехник»

Итак, при выборе формы, материалов, фактуры и цвета конструктор неизбежно сталкивается с эстетическими проблемами, которые оказываются, как правило, достаточно сложными. При этом нельзя обойти вопросы моды, традиций, соразмерности с интерьером, соответствия убранству жилища и т. д. Например БС общего освещения детской комнаты и кухни, имея одинаковые светотехнические схемы, будут отличаться эстетически. Некоторая сумма ненормируемых эстетических признаков сделает один из них детским, а другой — кухонным. Умелый художник-конструктор найдет для каждого из таких БС свою форму, материал, цвет и декор, соответствующий назначению помещения, психологии его обитателей. Прос-

тота подобных задач — кажущаяся, поскольку их решение не настолько детерминировано, как, скажем, уровень освещенности, и зависит от «эстетического интеллекта» конструктора, т. е. от того, что он понимает под термином конструирование — обеспечение технических норм или нечто большее, что делает БС элементом убранства интерьера. Не случайно удачный БС становится символом комнаты. Таким образом, термин «назначение» применительно к БС заключает в себе два понятия — утилитарное и эстетическое. Если они сливаются воедино, то говорят, что БС хороший.

Приведем некоторые дополнительные данные. Социологи считают, что стиль «супертехник» пользуется преимущественным предпочтением у молодежи. Отмечено, что стиль «ретро» популярен у людей среднего возраста. Пожилые люди особое внимание обращают на удобство пользования БС и создаваемую им освещенность. Люди выраженного «престижно-потребительского» типа тяготеют к показной роскоши, дорогостоящим материалам, перенасыщенности декора и отделки, характерным для эклектических форм. Простота и изящество отличают шедевры, выполненные в любом стиле, они всегда предпочтитаются передовой частью общества.

Количественная оценка (измерение) эстетического качества БС. Для оценки эстетического качества разнообразных предметов и видов деятельности (например, ме-

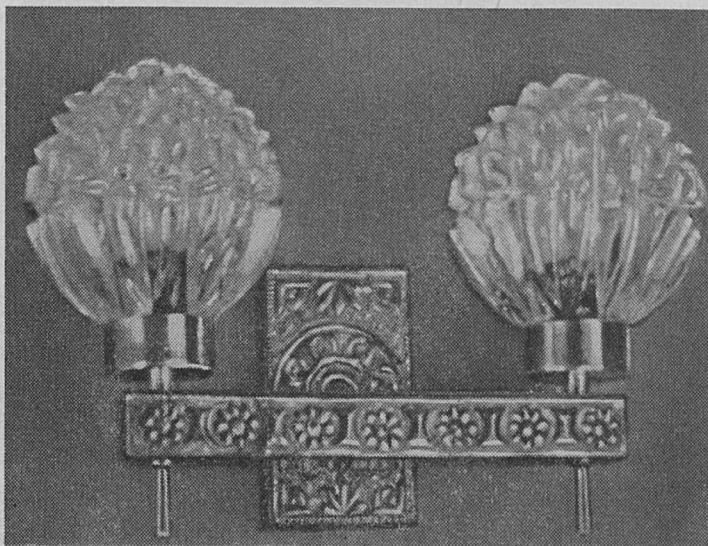


Рис. 4. Светильники в народном стиле

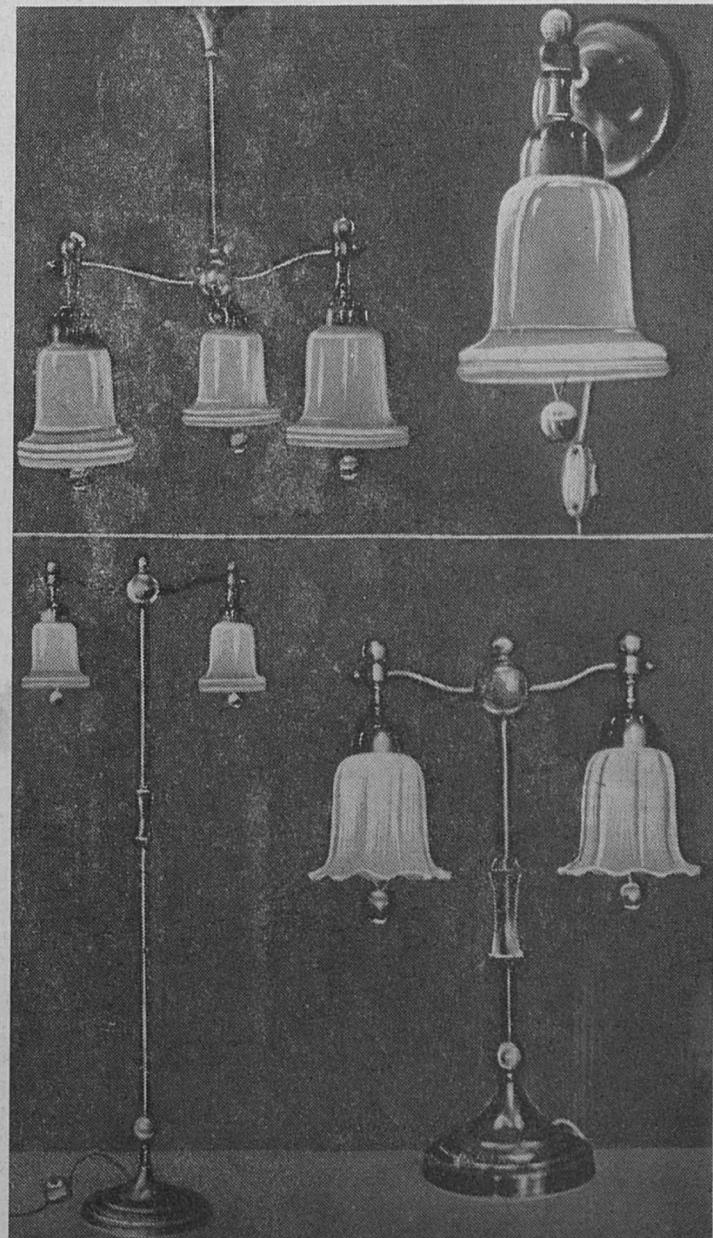


Рис. 5. Гарнитур бытовых светильников

бель, часы, гимнастика, фигурное катание и т. п.) все шире используется экспертный метод, который иногда называют субъективным [2]. Для реализации этого метода выбирают и формулируют признаки (показатели), от которых зависит эстетическое качество; устанавливают шкалу баллов, выражающую количественную оценку эстетического качества; формируют группу экспертов, которая играет роль «измерительного прибора». В области БС такой группой служит ЦХТС, ежегодно рассматривающий в среднем 1250 БС [3].

Оценка производится следующим образом. Каждый эксперт, руководствуясь личным мнением, которое определяется его квалификацией и интуицией, присыпывает БС в целом или каким-либо отдельным его показателям тот или иной балл. В качестве результата принимается среднее арифметическое из оценок всех экспертов. Практика и теоретический анализ показывают, что при составе группы 10–12 человек, их оценки укладываются в доверительный интервал $\pm 10\%$ при надежности 0,9, что для оценки эстетического качества БС можно признать достаточным. Согласно методическим указаниям [4] эстетические качества промышленных изделий должны определяться как среднее арифметическое из четырех показателей (информационная выразительность, рациональность формы, целостность композиции, совершенство производственного исполнения и стабильность товарного вида). Однако практика ЦХТС показывает, что большинство членов ЦХТС при оценке БС предпочитает выражать свое мнение одним числом, т. е. оценивать БС в целом. Это связано, видимо, с тем, что сама идея дифференциации красоты не имеет смысла. Вместе с тем представляется целесообразным все же иметь несколько показателей, которые должны напоминать эксперту, о чем он должен подумать при оценке эстетического качества БС. По нашему мнению, в анкете должны быть четыре показателя БС — назначение, композиция, стиль и совершенство исполнения. Укажем, что до 1 июля 1984 г. БС, получившим оценку не ниже 3,4 балла по балльной шкале, присваивалась высшая категория эстетического качества; не ниже 2,3 балла — первая категория, ниже 2,3 балла — вторая категория. С 1 июля 1984 г. осуществлен переход на аттестацию промышленной продукции только по двум категориям качества — высшей и первой [5], границы которых на балльной шкале остались неизменными**.

Некоторые вопросы систематики БС. Проводимая ниже систематизация БС рассматривается лишь в той мере, в какой это необходимо для художественного конструирования [6].

На приемы и результаты художественного конструирования БС большое влияние оказывают предполагаемые способы и объемы их производства. Известны три основных способа производства БС — массовое, серийное и индивидуальное. Подчеркнем, что БС, выпускаемые любым из этих способов, должны быть эстетически полноценными.

Массовое производство БС осуществляется автоматизированно, с наименьшим использованием ручного труда. Стремление к минимальным затратам, а, следовательно, и стоимости БС, приводит к необходимости применять недефицитные дешевые материалы (черный металл, стекло, керамика, бумага, пластмасса и т. п.). Высокие эстетические качества массовых БС достигаются изысканностью пропорций и членений, изяществом силуэта и формы, гармоническими сочетаниями материалов, их фактуры и цвета, совершенством исполнения и т. п.

При серийном производстве БС (от нескольких сот до нескольких тысяч изделий в серии) используется механизированное, лишь частично автоматизированное технологическое оборудование, позволяющее тиражировать декоративные элементы практически любой сложности. Характерно использование более дорогих и дефицитных материалов (ценные породы дерева, хрусталь, природные минералы, латунь, бронза и т. п.). Серийное производство БС должно обладать практическими возможностями использо-

зования современной технологии для изготовления деталей с орнаментом, вплоть до малогабаритной скульптуры.

Производство, а также разработка уникальных БС, обладающих особо высокими эстетическими качествами, осуществляются по специальным заказам, как правило для конкретных помещений общественного и бытового назначения. Количество БС при его продаже населению не может превышать пяти, а в случае государственного заказа составляет от одного экземпляра до нескольких десятков и даже сотен изделий (например для большой гостиницы). Авторы уникальных БС имеют право привлекать художников-мастеров для копирования произведений прикладного искусства в натуральную величину и натуральном материале.

К задачам систематики БС относится и анализ названий (терминов), которые присваиваются отдельным типам БС. Уточнения требует понятие декоративный светильник (ДС). Согласно ГОСТ 8607-84 ДС определяется как изделие, выполняющее функцию архитектурного элемента интерьера. Практически он выполняет функции элемента убранства жилища, так же, как, например, картина, ваза, ковер и т. п. Основные функции ДС — служить украшением жилища и создавать комфортную, эстетически полноценную световую среду. Форма, декор, отделка и другие эстетические параметры ДС должны делать его привлекательным как во включенном, так и в выключенном состояниях. По технико-экономическим параметрам ДС должен соответствовать ГОСТ 8607-84, требованиям безопасности и надежности. Эти требования не могут снижаться ради достижения высоких эстетических показателей. Отдельные отклонения допустимы, например по блескости, но при этом в ДС рекомендуется встраивать регулятор света, позволяющий устанавливать яркость, соответствующую конкретной обстановке (для ДС с хрустальным узором это правило должно быть обязательным). Практика работы ЦХТС показывает, что ДС нередко называют БС, повторяющие форму рациональных ОП, но в уменьшенных размерах. Это недопустимо, так как информация, которую несет внешний вид, должна быть правильной, и ДС не должен походить, например, на настольный светильник. Наоборот, он должен резко от него отличаться, причем настолько, чтобы его было невозможно использовать в качестве настольного светильника. Возрастающий интерес вызывают «динамические» ДС, в которых тем или иным оптико-механическим способом обеспечивается хаотическое движение разноцветных светящихся пятен, точек, нитей и т. д. Такие устройства способствуют «отключению» от внешних и внутренних негативных раздражителей, делают отдых более эффективным.

Выводы и предложения. 1. Любые БС (в том числе ДС) должны соответствовать светотехническим требованиям (допустимое распределение яркости, заданное распределение освещенности и т. д.); требованиям безопасности и надежности в эксплуатации (механическая прочность, устойчивость, температурная и электробезопасность и т. д.); экономическим требованиям (минимально возможные затраты труда, материалов, электроэнергии на единицу световой энергии); эстетическим требованиям в соответствии с оценкой ЦХТС. Ради особо высоких эстетических показателей (художественных качеств), в частности у ДС, в отдельных случаях допускается некоторое снижение экономических требований.

2. Бытовые светильники должны рассматриваться как элемент организации пространства интерьера в целом или его отдельных функциональных зон. Разработчик должен считаться с модой и активно влиять на нее, т. е. развивать вкусы и представления потребителя.

3. При разработке и конструировании БС целесообразно применять световое моделирование как самих светильников, так и совместное с окружающей их предметной средой. Такое моделирование должно рассматриваться как метод установления соответствия между БС и окружающей предметной средой. Конструирование БС должно осуществляться с учетом того, что их выбор при покупке и эксплуатация производится потребителем-неспециалистом. Важно, чтобы конструкция БС делала невозможным его использование не по назначению.

** В 1985 г. предполагается перейти к оценке качества БС по двойной системе — годится БС для производства или не годится. При этом в качестве поощрения разработчиков и изготовителей БС присваивается индекс «Н» — новинка.

4. Необходимо развернуть пропаганду светотехнических знаний среди широких кругов населения. Каждый продаваемый в магазине БС должен сопровождаться краткой инструкцией, содержащей правила его эксплуатации и простейшие общие сведения по бытовой светотехнике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Иванова Н. С., Юров С. Г. Эстетические функции света. — Светотехника, 1983, № 1, с. 11—15.
2. Юров С. Г. Некоторые вопросы метрики и методики экспертных субъективных оценок психоэстетических параметров световой среды. — Светотехника, 1974, № 9, с. 2—4.
3. Пляскин П. В. Центральный художественно-технический совет по бытовым светильникам. — Светотехника, 1983, № 1, с. 15—17.
4. РД 50-149-79. Методические указания по оценке технического уровня и качества промышленной продукции. М.: Изд-во стандартов, 1979.
5. Аттестация промышленной продукции по двум категориям качества. Методические документы. М.: Изд-во стандартов, 1984.
6. Бурский В. Б. Архитектурно-технические требования как форма координации проектирования жилищ и бытовой техники. — В кн.: Интерьер массового жилища. М.: изд. ЦНИИЭП жилища, 1983, с. 72—86.

УДК 628.94.001.24

К РАСЧЕТУ КРИВОЙ СИЛЫ СВЕТА ПАРАБОЛОИДНОГО ОТРАЖАТЕЛЯ

В. А. ГАВРИЛЕНКОВ, канд. техн. наук,
В. И. СКОРИК, М. Ф. СМОЛЯНСКИЙ, инженеры,
В. В. ТРЕМБАЧ, доктор техн. наук

Смоленский филиал МЭИ,
Московский энергетический институт,
Львовское СКБ ИС

При расчетах КСС СП со спиральным светящим телом (ССТ) последнее обычно заменяют цилиндром [1, 2], размеры которого принимают равными габаритным размерам спирали ($d = d_{\text{сп}}$, $H = l_{\text{сп}}$), а яркость выражают соотношением $L_{\alpha} = I_{\alpha}(dH \sin \alpha)$. Такое допущение не приводит к существенным ошибкам в случае ССТ с большой плотностью заполнения габарита, однако, если это не так, то расхождение расчетной и фактической КСС становится недопустимо большим [3].

Ниже приводится аналитический расчет КСС параболоидного отражателя, работающего с ССТ. Расчет КСС основан на «ходе обратного луча» [4, 5] и включает в себя аналитическое описание ССТ, расчет яркости «обратного луча», определение площади проекции светлой части отражателя и силы света в исследуемом направлении.

Аналитическое описание ССТ основано на следующем. При пересечении спирали с плоскостью, проходящей через ось спирали Oz , получают следы — ряд эллипсов с полуосами a_{α} и b_{α} (рис. 1):

$$a_{\alpha} = d_{\text{н}}/2; \quad b_{\alpha} = \frac{d_{\text{н}} \sqrt{s_{\text{ш}}^2 + \pi^2 (d_{\text{с}} + d_{\text{н}})^2}}{2\pi (d_{\text{с}} + d_{\text{н}})}, \quad (1)$$

где $d_{\text{н}}$ — диаметр проволоки (нити), из которой свита спираль, или диаметр моноспирали в случае биспирального светящего тела; $s_{\text{ш}}$ — шаг спирали или биспирали; $d_{\text{с}}$ — диаметр сердечника спирали или биспирали.

Для получения уравнения сечения спирали плоскостью xOz введем дополнительную систему координат XZ , начало которой совмещено с началом системы координат xyz .

В системе XZ уравнение эллипса, центр которого находится на оси OX , записывается в виде

$$(X - a)^2/a_{\alpha}^2 + Z^2/b_{\alpha}^2 = 1, \quad (2)$$

где $a = \text{sign}(x) \frac{d_{\text{с}} + d_{\text{н}}}{2}$ — сдвиг центра эллипса по оси x от начала координат.

Установим связь координат X, Z с координатами y, z, x . При повороте системы XZ на некоторый угол $\vartheta = -\arctg y/x + 2\pi(n-1)$ по винтовой линии и учитывая, что середина ССТ должна совпадать с началом системы координат xyz , координаты X и Z принимают значения:

$$X = \text{sign}(x) \sqrt{x^2 + y^2}; \quad (3)$$

$$Z = z - \frac{s_{\text{ш}}}{2\pi} [\arctg y/x + 2\pi(n-1)] + l_{\text{сп}}/2, \quad (4)$$

где $n = 1, 2, 3 \dots$ — номер витка спирали; $l_{\text{сп}}$ — длина ССТ.

Подставляя (3) и (4) в (2), получаем неравенство, описывающее геометрическое место точек объемной спирали в системе координат xyz :

$$\frac{\left(\sqrt{x^2 + y^2} - \frac{d_{\text{с}} + d_{\text{н}}}{2} \right)^2}{a_{\alpha}^2} + \frac{\left\{ z - \frac{s_{\text{ш}}}{2\pi} [\arctg y/x + 2\pi(n-1)] + l_{\text{сп}}/2 \right\}^2}{b_{\alpha}^2} \leqslant 1. \quad (5)$$

Множитель $\text{sign}(x)$ опущен ввиду квадратичной зависимости.

Яркость обратного луча при пересечении его с ССТ определяется поэтапно. На первом этапе определяем точки пересечения «обратного луча» с габаритным цилиндром диаметром $d_{\text{с}} + 2d_{\text{н}}$ и цилиндром, являющимся сердечником спирали диаметром $d_{\text{с}}$. Полученными точками определяются интервалы поиска спирали. На следующем этапе приводим поиск витка спирали с заданным шагом поиска $l_n = \varepsilon d_{\text{н}}$, где ε — погрешность поиска спирали ($0 < \varepsilon < 1$). После определения точек пересечения «обратного луча» с ССТ уточняем, какой поверхности (внешней или внутренней) он принадлежит, и в соответствии с этим приписываем лучу определенную яркость. При пересечении лучом двух поверхностей витка спирали ему приписывается яркость внешней поверхности. Отсюда следует, что для повышения точности определения яркости необходимо уменьшать значение l_n , что приводит к увеличению времени расчета. Ниже приводится более экономный способ.

Площадь проекции диаметра $d_{\text{н}}$ на плоскость, параллельную оси проволоки, при проецировании пучком параллельных лучей с погрешностью ε равна площади проекции отрезка с диаметром $d_{\text{н}0}$. Возможность обнаружения отрезка цилиндрической проволоки с вероятностью 100% определяется условием $d_{\text{н}} \cos \varphi \geq l_n$, откуда $\gamma_{\max} = \arccos \varepsilon$

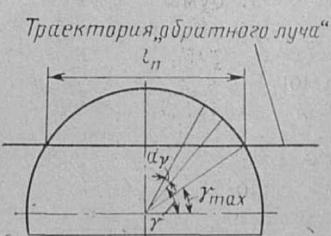
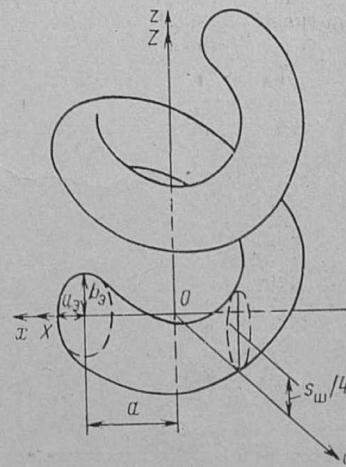


Рис. 2. Пересечение луча с проекцией единичного отрезка проволоки

Рис. 1. Участок пространственной спирали в системе координат XYZ