

Рис. 3. Внутренний вид модели участка цеха при освещении 1 и 3 зон

Вид фактора	Значение фактора				
	$X_1(L'/M^2)$	$X_2(L'/M^2)$	$X_3(L'/M^2)$	$X_4(\omega_m \cdot \text{ср})$	$X_5(L'_m \cdot 10^4, \text{кД}/M^2)$
Уровень верхний	18	19	12	0,055	0,6
То же основной	11	11	6,5	0,030	0,4
То же нижний	4	3	1	0,005	0,2
Шаг варьирования	7	8	5,5	0,025	0,2

торый предусматривает варьирование каждого фактора на трех уровнях (см. таблицу).

В качестве отклика был принят показатель комфорта зрителей ощущений r . Было предположено, что функция отклика может быть полно описана полиномом второй степени.

По плану эксперимента каждый испытуемый участвовал в 42 основных экспериментальных сериях и 6 дополнительных сериях, проводимых для определения ошибки измерений. При обработке результатов на основе метода наименьших квадратов были рассчитаны значения коэффициентов регрессии принятой модели. Адекватность модели опытным данным проверялась по F -критерию. Полученное уравнение регрессии после упрощения в результате проверки значимости коэффициентов регрессии по t -критерию Стьюдента, подстановки физических величин значений факторов и преобразования имеет вид:

$$p = 1,006 + 10,27 \cdot 10^{-3} L'_2 + 17,91 \cdot 10^{-3} L'_3 - 16,82 \omega_m + \\ + 207,74 \omega_m^2 - 12,24 \cdot 10^{-5} L'_m + 0,26 \cdot 10^{-5} L'_2 L'_m. \quad (3)$$

Результаты эксперимента показывают, что такие факторы, как яркость средней зоны сектора обзора, яркость нижней зоны сектора обзора, яркость и угловой размер самосветящегося металла влияют на комфортность зрительных ощущений, в то время как яркость верхней зоны сектора обзора существенно на них не влияет. Показатель r может быть соотнесен с отметками стандартной шкалы желательности [5], что позволит оценить по 5-балльной шкале на основе единого комплексного критерия, связанного с технологическими параметрами (ω_m и L'_m), а также с количественными (абсолютные значения L_2 и L_3) и качественными (соотношения яркостей L_2 , L_3 и L_m) характеристиками световой обстановки пространства цеха.

Полученную для показателя комфорта зрителей зависимость можно использовать для оценки освещения в действующих цехах и на стадии проектирования новых, а также для определения оптимальных яркостей поверхностей интерьера, находящихся в секторе обзора операторов, при заданном качестве световой обстановки для конкретных L_m и ω_m .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Мешков В. В., Епанешников М. М. Осветительные установки. М.: Энергия, 1972.
- СНиП II-4-79. Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования. М.: Стройиздат, 1980.

- Юров С. Г. Некоторые вопросы метрики и методики экспериментальных субъективных оценок психоэстетических параметров световой среды// Светотехника. 1974. № 9. С. 2—4.
- Бардин К. В. Проблема порогов чувствительности и психофизические методы. М.: Наука, 1976.
- Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976.
- Круг Н. К., Марусова М. Н. Планирование психофизических экспериментов в светотехнике// Светотехника. 1985. № 8. С. 9—10.
- Баженов Ю. М., Вознесенский В. А. Перспективы применения математических методов в технологии сборного железобетона. М.: Стройиздат, 1974.

* * *

The paper describes a method, laboratory testing system and results of a psychophysical experiment which were used to obtain a dependence of the visual sensation comfort index on the luminance characteristics of the room and self-luminous object to be observed. The experiment was based on a mathematical theory.

The paper is concerned with studies of the sorption properties of nondispersible gas absorbers obtained by a process burning from zirconium and aluminium powders.

УДК 628.94 : 001.66

К ВОПРОСУ О СИСТЕМНОМ КОНСТРУИРОВАНИИ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ ПРИБОРОВ

Ю. Б. АЙЗЕНБЕРГ, доктор техн. наук

Всесоюзный светотехнический институт

При системном подходе к конструированию предлагается рассматривать ОП как сложное многоэлементное изделие, состоящее из ламп и осветительной арматуры, включающей в себя конструктивные узлы и оптические элементы, а также комплектующие электротехнические изделия (ПРА, ЭУ, конденсаторы и провода), характеристики которых определяются взаимным влиянием этих элементов при их работе, а также воздействием окружающей среды, режимом функционирования и способом обслуживания [1].

Под системным конструированием* предлагается понимать процесс разработки ОП как сложных изделий с многофункциональными связями составляющих узлов и элементов, как неотъемлемой части ОУ, работающей в динамическом режиме, зависящем от условий и длительности эксплуатации и характеризуемой статистическими параметрами; как объектов серийного и массового производства с определенной технологией. При этом системное конструирование должно быть направлено на обеспечение минимальных затрат труда и материала на выработку за требуемый срок службы ОП максимальной полезной световой энергии с минимальной ее стоимостью.

Системное конструирование должно базироваться (рис. 1) на следующем:

классификации ОП по конструктивно-технологическим признакам и потребительским свойствам на основе минимизации числа классов конструктивно-светотехнических схем, типовых КСС, степеней защиты приборов и т. д., позволяющей иметь наименьшую номенклатуру унифицированных узлов и деталей, а следовательно, технологической оснастки и оборудования, при возможном расширении ассортимента изделий;

учете влияния условий эксплуатации (возможности обслуживания; параметры окружающей среды; особенности и условия хранения, транспортирования и монтажа) на технико-экономические характеристики ОП;

* Целесообразно разграничить термины «разработка» и «конструирование» ОП, широко используемые на практике. Весьма условное разделение этих понятий позволяет считать конструирование частью процесса разработки, включающего как формирование требований к изделию на основе выявленных условий эксплуатации и производства, так и реализацию этих требований при создании изделия, т. е. при его непосредственном конструировании.

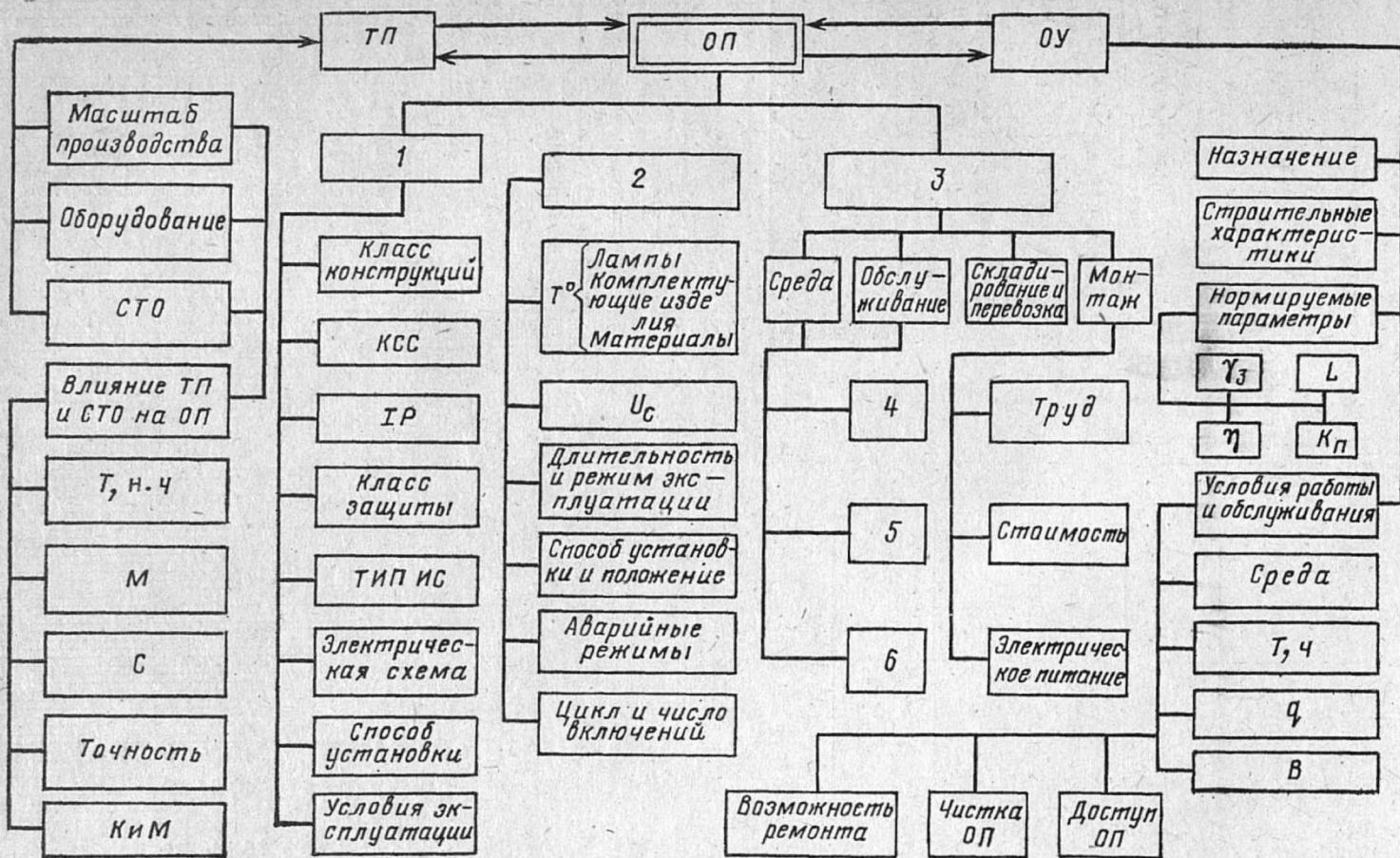


Рис. 1. База для системного конструирования ОП как сложных изделий

Обозначения: ТП — технология производства; Т — трудоемкость, нормо-часах; М — материалоемкость, кг; С — себестоимость, руб; К и М — коэффициент использования основного материала; Т° — температура; U_c — напряжение сети; γ_з — защитный угол, град; L — яркость, кд/м²; η — КПД; K_п — коэффициент пульсации; Т — число часов использования максимума осветительной нагрузки в год, ч; q — стоимость электроэнергии, руб/кВт·ч; В — стоимость чистки светильника, руб.

1 — классификация ОП с целью минимизации номенклатуры узлов и деталей; 2 — данные о взаимном влиянии элементов и воздействии режимов работы; 3 — данные о влиянии условий эксплуатации; 4 — статистические данные о поведении материалов и покрытий; 5 — статистические данные о работоспособности ОП разных классов конструкций; 6 — статистические данные о надежности комплектующих электротехнических элементов

статистических данных лабораторных и эксплуатационных испытаний различных материалов, покрытий и самих ОП разнообразных конструктивных исполнений при работе в типовых условиях;

статистических данных о надежности работы комплектующих ОП электрических изделий;

учете влияния выбранной технологии изготовления и технологического оборудования на производственные и функциональные характеристики ОП из данного материала; учете современных эстетических требований.

Системное конструирование ОП предусматривает последовательно-параллельное осуществление макроконструирования (внешнее конструирование) и микроконструирования (внутреннее конструирование) изделия на основе комплекса требований к функциональным и технико-экономическим характеристикам ОП с учетом условий производства (прежде всего его масштаба и необходимой степени механизации) и эксплуатации (включая стадии складирования, транспортирования, монтажа, работы и обслуживания).

Под макроконструированием предлагается понимать процесс, включающий:

выбор типа и мощности ИС, а также требуемого эффективного светораспределения, учитывая нормируемые светотехнические параметры ОУ, строительные характеристики освещаемых помещений, расположение и электрическое питание ОП в установке с учетом планируемого обслуживания, а также режима работы ОП и стоимости электроэнергии;

выбор конструктивно-светотехнической схемы ОП, конструктивного исполнения по степеням и классам защиты, по группам и уровням взрывозащиты, основных конструкционных и светотехнических материалов, комплектующих изделий, учитывая климатические условия, режим, способ эксплуатации, срок службы ОП;

общее компоновочное решение прибора;

выбор конструктивного решения прибора, обеспечивающего монтаж (механическую установку и электрическое подключение) с учетом особенностей ограждающих конструкций помещений, особенно для встраиваемых и приставляемых исполнений приборов;

дизайнерская разработка (выбор формы, материала, цвета ОП, соответствие интерьеру или оборудованию);

технологическая проработка выбранного принципиального конструкторского решения с анализом характеристик материалов, масштаба производства, возможностей существующего технологического оборудования или специально созданного технологического оборудования (СТО);

оценка и сопоставление затрат на производство ОП и эффекта у потребителя при различных конструктивных решениях ОП, выбранной технологии и достигнутых характеристиках;

оценка предельно допустимых цен ОП с данными характеристиками и сопоставление их с достигнутыми на стадии конструирования.

Под микроконструированием предлагается понимать процесс последовательных операций, включающий:

проведение комплекса светотехнических, теплотехнических, прочностных расчетов и расчетов характеристик надежности приборов с целью обеспечить выполнение предъявленных требований;

принятие и проверка различных компоновочных решений, например, по расположению комплектующих электротехнических изделий для снижения их взаимного влияния и облегчения обслуживания;

выбор наиболее эффективных схемных электротехнических решений;

принятие конкретных конструкторских решений отдельных узлов и элементов ОП;

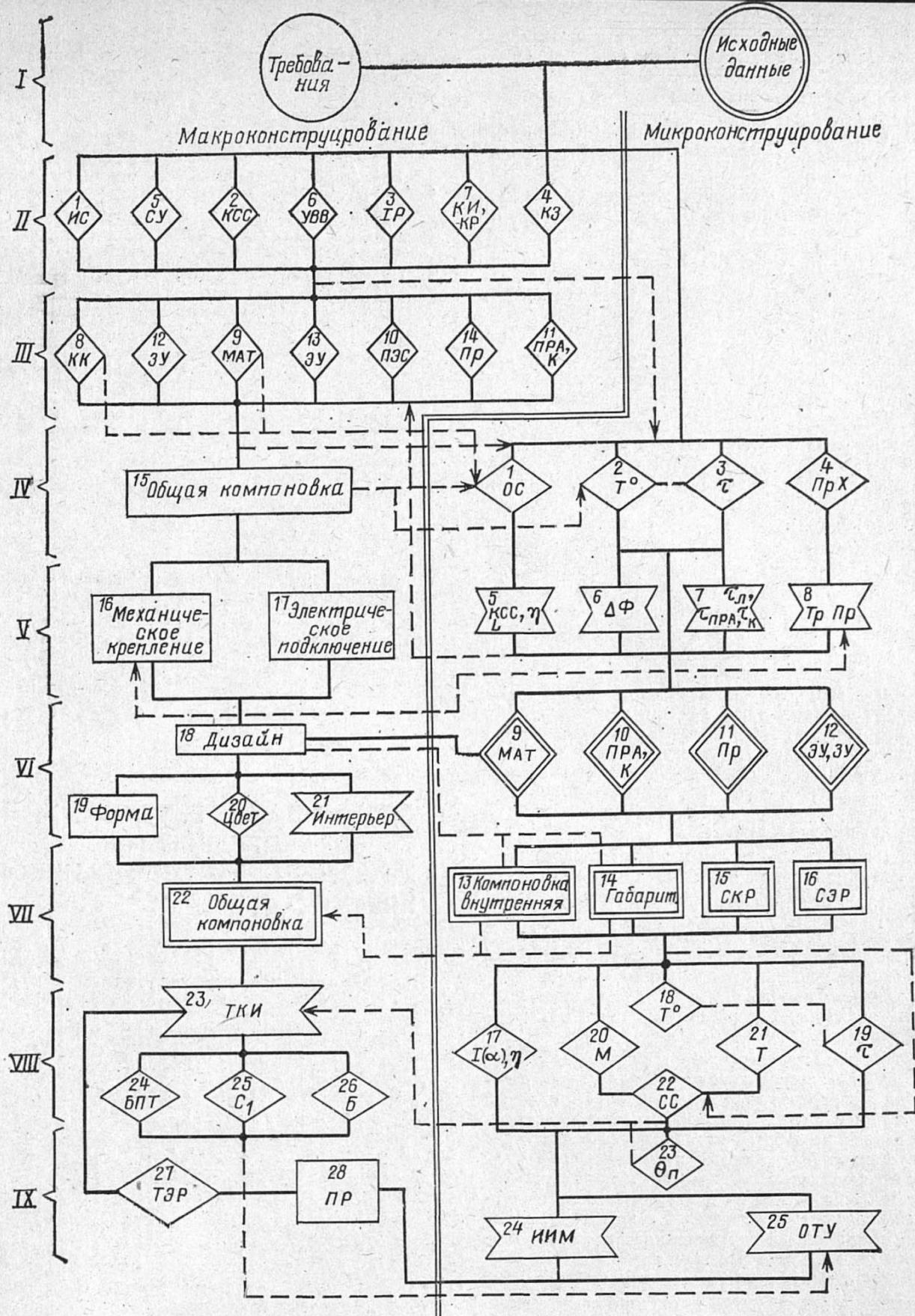


Рис. 2. Укрупненная блок-схема процесса системного конструирования ОП

Обозначения (в дополнение к экспликации к рис. 1): круг — требования и исходные данные; вертикальный ромб — выбор параметров; горизонтальный ромб — расчетные операции; прямоугольник — вычерчивание (собственно конструирование); усеченный прямоугольник — проверка выполнения условий; двойной ромб и двойной прямоугольник — уточненный выбор параметров и уточненные конструкторские решения; т — срок службы ОП, ч; τ_d , τ_{pr} , τ_k — срок службы лампы, ПРА, конденсатора, ч; $\Delta\Phi$ — снижение светового потока ОП под воздействием различных факторов, лм; лм ; Θ_n — полезная световая энергия, генерируемая ОП, Млм·ч; C_1 — удельная стоимость полезной световой энергии ОП ($C_1 = B/\Theta_n$, где B — цена ОП, руб.) I-IX — этапы системного конструирования.

Сокращения для блок-схемы макроконструирования (дополнительные наряду с общепринятыми):

4-КЗ — класс защиты; 5-СУ — способ установки; 6-УВВ — уровень и вид взрывозащиты; 7-КИ и КР — климатическое исполнение и категория размещения; 8-КК — класс конструкции (класс конструктивно-светотехнической схемы по [2]; 9-Мат — материал; 10-ПЭС — принципиальная электрическая схема; 11-ПРА, К-конденсаторы; 12-ЗУ — зажигающее устройство; 13-ЭУ — электроустановочные устройства; 14-П — провода; 20-Ц — цветовое решение; 23-ТКИ — технологичность конструкций изделий; 24-БПТ — базовые показатели техническости; 27-ТЭР — технико-экономические расчеты; 28-ПР — принятие решения об эффективности разработанной конструкции.

Сокращения для блок-схемы микроконструирования:

1-ОС — оптическая система; 4-ПрХ — прочностные характеристики; 8-ТрПр — требования к прочности; 9-Мат — материал; 10-ПРА, К — пускорегулирующая аппаратура, конденсатор; 11-Пр — провода; 12-ЗУ, ЗУ — электроустановочные устройства, зажигающие устройства; 15-СКР — специальные конструкторские решения (выполнение вентиляционных отверстий, теплоотражающих экранов, специальных ребер и т. д.); 16-СЭР — схемные электротехнические решения; 22-СС — себестоимость; 24-ИИМ — изготовление и испытание макетов ОП или их узлов; 25-ОТУ — оценка технического уровня изделия

варьирование материалов и покрытий узлов и деталей, а также технологии их изготовления;

оценка возможности минимизации габаритов прибора и экономии расхода материалов с учетом допустимого изменения характеристик ламп, комплектующих изделий и материалов под влиянием рабочих и аварийных режимов работы;

определение стоимости полезной световой энергии и базовых показателей технологичности разрабатываемого изделия;

испытание макетов и образцов и анализ результатов испытаний;

сравнение разрабатываемых приборов с отечественными и зарубежными аналогами, оценка технического уровня разрабатываемого изделия;

установление состава и размера поставки запасных частей и запись в нормативно-техническую документацию (НТД) регламентируемых режимов работы, режимов и способов обслуживания.

Конструирование ОП должно завершаться ресурсными испытаниями необходимого для получения достоверных данных числа образцов в условиях, близких к заданным эксплуатационным, и последующей доводкой приборов (устранение недоработок).

Укрупненная блок-схема процесса системного конструирования ОП общего применения представлена на рис. 2.

Одной из важнейших задач системного конструирования ОП является повышение технологичности конструкций разрабатываемых изделий, под которой понимается совокупность свойств, определяющих приспособленность конструкции к достижению оптимальных затрат ресурсов при производстве и эксплуатации для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работы. При этом важно отметить, что обеспечение технологичности конструкции ОП должно сопровождаться достижением минимально возможных трудовых, материальных и энергетических затрат (снижением M , T и энергоемкости) при повышении уровня производственной, эксплуатационной и ремонтной технологичности изделий.

Значительная часть необходимых для системного конструирования данных, требований и методов существует и изложена в различных документах: Публикациях МЭК, стандартах СЭВ, отечественных ГОСТ, ОСТ и РТМ, а также в монографиях и учебниках, материалах общетехнического характера. Вместе с тем необходима единая база для системного конструирования, нужна увязка различных требований к ОП и методологии оценки их производственных и потребительских свойств на различных этапах конструирования.

В качестве основного оценочного критерия для проведения такой работы автором предложено использовать полезную световую энергию, генерируемую ОП за срок службы [1–5]. Для обеспечения возможности широко применить этот критерий разработан метод классификации КСС приборов с установлением допусков на значения силы света [6]; метод расчета срока службы ОП [7]; система базовых показателей технологичности, связывающих материальные и трудовые затраты изготовителей с производительностью ОП [8]; метод оценки предельно допустимых цен ОП в зависимости от их потребительских свойств [9]; метод комплексной оценки эффективности световых приборов [10].

Для решения задач системного конструирования необходимо также провести широкие исследования влияния условий работы ОП на характеристики ИС, ПРА, ЭУ, конденсаторов и проводов; взаимосвязи теплового режима ОП различного конструктивного исполнения с характеристиками этих изделий; зависимости изменения основных параметров ОП от условий, режимов и способов их длительной эксплуатации, некоторые из которых уже выполнены и опубликованы [3, 11, 12].

Успешное решение практических задач системного конструирования возможно на основе разработки САПР «Световой прибор», базирующейся на математическом моделировании как отдельных процессов и взаимосвязей (отдельных блоков рис. 2), так и синтезировании всех процессов макро- и микроконструирования в диалоговом режиме с ЭВМ на основе разветвленной, статистически достовер-

ной базы данных о характеристиках всего многообразия существующих ОП. Такая работа ведется в настоящее время во ВНИСИ и ее результаты позволят сделать важный шаг в развитии ОП.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Айзенберг Ю. Б. Некоторые общие принципы системного подхода к конструированию световых приборов// Светотехника. 1982. № 10. С. 15.
2. Айзенберг Ю. Б. Световые приборы. М.: «Энергия», 1980.
3. Айзенберг Ю. Б. Основы системной разработки осветительных приборов для промышленных и общественных зданий: Автoref. дис. ... доктора техн. наук. М. 1986.
4. Айзенберг Ю. Б., Пыжов П. П., Сарычев Г. С. Важнейшее направление комплексного^{*} повышения эффективности осветительных установок и светотехнического производства// Светотехника. 1978. № 12. С. 1–4.
5. Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б. Осветительный прибор в установке// Светотехника. 1985. № 10. С. 2–6.
6. Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б. О классификации и допусках на кривые силы света светильников// Светотехника. 1978. № 6. С. 6–11.
7. Айзенберг Ю. Б., Рожкова Н. В., Уткин В. Н. Метод расчета срока службы световых приборов// Светотехника. 1985. № 2. С. 10–13.
8. Айзенберг Ю. Б. О базовых показателях технологичности светильников// Светотехника. 1982. № 6. С. 18–19.
9. Айзенберг Ю. Б., Бухман Г. Б. О методе определения предельных цен светильников на стадии конструирования// Светотехника. 1988. № 3. С. 10–12.
10. Казакова Г. И., Коробко А. А. Комплексная оценка эффективности осветительных приборов// Светотехника. 1987. № 3. С. 4–6.
11. Айзенберг Ю. Б., Каинсон И. Я., Мануйлова Т. Н. Эмпирический метод оценки теплового режима осветительных приборов// Светотехника. 1988. № 1. С. 11–15.
12. Добрякова Г. А., Корягин О. Г., Штейнварг Л. Г. Исследование эксплуатационных характеристик светильников наружного освещения// Светотехника. 1984. № 3. С. 1–3.

УДК [621.326+621.327.534] : 535.24

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫБОРА СВЕТОРАСПРЕДЕЛЕНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ СВЕТИЛЬНИКОВ ПРЯМОГО СВЕТА

В. Д. НИКИТИН, инж.

Томский политехнический институт

В настоящее время размещение СП осуществляется по табл. 4–16 [1] для ряда типовых КСС при $I_\alpha = I_0 \cos^m \alpha$ (в дальнейшем — квазикосинусное светораспределение). Таблицы основаны на предложенной Г. М. Кноррингом зависимости $\lambda = \lambda(m, q)$ [2],

$$\lambda_3 = \sqrt{\frac{4q}{m + 3 - 2q}}; \quad \lambda_2 = \sqrt{\frac{4}{m + 1}}.$$

Однако по названию СП и известной КСС невозможно сразу воспользоваться рекомендациями [1], так как название СП в одних случаях не раскрывает тип КСС (арт. 135), в других — дает его неверно (λ_3 с практическим косинусной кривой). Классификация КСС наиболее часто встречающихся СП проведена Г. М. Кноррингом и Ю. Б. Айзенбергом. Вместе с тем наилучшее решение вопроса о классификации СП предложили Ю. Б. Айзенберг и Г. Б. Бухман [3], дав систему типовых КСС $I_\alpha = I_0 \cos na$ (в дальнейшем — псевдокосинусное светораспределение).

В вопросе оптимизации светотехнических установок имеется два подхода. Рекомендациями [1] следует пользоваться, если при известном типе КСС нужно найти шаг СП — прямая задача, или оптимизация размещения СП, $I_\alpha \rightarrow \lambda$. Однако очень часто в проектной практике возникает необходимость выбора типа КСС, рационального при размещении СП — обратная задача, или оптимизация светораспределения, $\lambda \rightarrow I_\alpha$.

Нужно отметить, что для оптимизации первого типа, т. е. прямая задача, принципиально важен характер зави-