

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования

**«Томский государственный университет систем управления и
радиоэлектроники»
(ТУСУР)**

**Кафедра радиоэлектронных технологий и экологического мониторинга
(РЭТЭМ)**

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий каф. РЭТЭМ

_____ В.И. Туев

« ____ » _____ 2017 г.

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СВЕТОДИОДОВ И СВЕТОТЕХНИЧЕСКИХ
УСТРОЙСТВ**

Методические указания по практической
работе магистрантов для направления подготовки
11.04.03– Конструирование и технология электронных средств,

Разработали:

Доцент каф. РЭТЭМ

_____ В.С. Солдаткин

Магистрант каф. ЭП

_____ В.С. Каменкова

Солдаткин В.С., Каменкова В.С.. Проектирование светодиодов и светотехнических устройств: Методические указания по практической работе магистров. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2017. – 25 с.

Настоящее методическое указание по практической работе студентов составлены с учетом требований Федерального Государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств. Методическое указание по практической работе предназначено для магистрантов, изучающих специальные дисциплины «Проектирование светодиодов и светотехнических устройств» и содержит перечень задачи по практической работе. В изучении материалов данных методических указаний, магистранты должны расширить свои знания по изучаемым дисциплинам, а также данное методическое указание направлено на формирования у магистрантов следующих знаний, умений и навыков:

знать принципы работы, основы конструирования источников света; современные достижения науки и передовые технологии в области светотехники; основы проектирования светодиодов и светотехнических устройств; принципы измерений светотехнических параметров; параметры и свойства светотехнических материалов;

уметь применять современные методы и средства конструирования и проектирования светодиодов и светотехнических устройств; применять современные методы и программное обеспечение для проектирования светодиодов и световых устройств; проводить работы по оценке качества освещения и осветительных систем;

владеть навыками проектирования светодиодов и светотехнических устройств с использованием современного программного обеспечения; навыками анализа работы светотехнических установок.

Оглавление

1. ЗАДАЧИ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ.....	4
2. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ.....	24

1. ЗАДАЧИ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

Задача №1

Нагретый электронный элемент потребляет постоянное напряжение $U_{np} = 3,2$ В при прямом токе $I_{np} = 20$ мА, расположен на медной пластине размерами $225 \times 650 \times 5$ мкм³, всё тепло от нагретого элемента проходит через данную пластину. Необходимо определить температуру электронного элемента, если температура окружающей среды составляет $T_{окр} = 25$ °С.

Дано:

$$U_{np} = 3,2 \text{ В,}$$

$$I_{np} = 20 \text{ мА,}$$

медная пластина с размерами $225 \times 650 \times 5$ мкм³,

теплопроводность меди 400 Вт/м·К,

$$T_{окр} = 25 \text{ °С.}$$

Определить:

Температуру электронного элемента $T_э$.

Решение:

Определим тепловое сопротивление R_t , используя формулу:

$$R_t = \delta / (\lambda \cdot S)$$

где δ – толщина слоя (м);

S – площадь слоя (м²);

λ – теплопроводность меди (Вт/м·К).

$$R_t = 0,000005 / (0,000225 \times 0,00065 \times 400) = 0,085 \text{ К/Вт.}$$

Определим рассеиваемую мощность по формуле:

$$P = U_{np} \times I_{np},$$

$$P = 3,2 \text{ В} \times 0,02 \text{ А} = 0,064 \text{ Вт} = 64 \text{ мВт.}$$

Определим температуру электронного элемента $T_{\text{э}}$ по формуле:

$$T_{\text{э}} = T_{\text{окр}} + (R_t \times P),$$

$$T_{\text{э}} = 25 \text{ °С} + (0,085 \text{ К/Вт} \times 0,064 \text{ Вт}) = 25,005 \text{ °С.}$$

Ответ

Температура электронного элемента $T_{\text{э}} = 25,005 \text{ °С.}$

Индивидуальное задание

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$T_{окр}(^{\circ}\text{C})$	-60	-45	-25	-10	0	10	15	20	25
U_{np} (В)	1	2	3	5	10	15	3,5	2,5	5,5
I_{np} (А)	15	5	2	3	4	1	7	6	8

Материал	Медь	Сапфир	Кремний
Размер кристалла	$265 \times 265 \times 5 \text{ мкм}^3$	$225 \times 650 \times 5 \text{ мкм}^3$	$225 \times 650 \times 5 \text{ мкм}^3$
	$275 \times 275 \times 5 \text{ мкм}^3$	$265 \times 265 \times 5 \text{ мкм}^3$	$275 \times 275 \times 5 \text{ мкм}^3$
	$325 \times 325 \times 5 \text{ мкм}^3$	$325 \times 325 \times 5 \text{ мкм}^3$	$265 \times 265 \times 5 \text{ мкм}^3$

Определить температуру электронного элемента $T_{э}$.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ТИПОВ ПРОИЗВОДСТВА

Теоретические сведения

Характер технологического процесса (ТП) во многом зависит от типа производства, определяющего построение и степень детализации разработки технологических процессов. Различают: единичное, серийное (мелко-, средне- и крупносерийное) и массовое производства. В условиях единичного производства на рабочих местах обрабатывают различные детали. Технологические операции при этом максимально концентрированы, выполняются квалифицированными рабочими с применением точного универсального оборудования. При серийном производстве изделия выпускаются партиями. На рабочих местах выполняется несколько периодически повторяющихся операций. Характер построения ТП зависит от объема выпуска. При массовом производстве на рабочем месте выполняется одна и та же операция. Используются высокопроизводительные специальные станки, автоматы, СТО и точные заготовки. ТП строятся по принципу непрерывного потока. Цикл изготовления минимальный, себестоимость продукции наименьшая по сравнению с другими типами производства. Тип производства определяется коэффициентом закрепления операций

$$K_{з.о} = O/P, \quad (1)$$

где O — количество операций ТП, подлежащих выполнению в течение месяца; P - число рабочих мест, необходимых для их выполнения,

$$P = \frac{N \sum_{i=1}^k T_{шт i}}{60 \cdot k \cdot \Phi_d}, \quad (2)$$

где N - годовой объем выпуска; $\sum T_{шт i}$ - трудоемкость изготовления изделия; $T_{шт..i}$ - норма штучного времени i -й операции; $\Phi_d = 2070$ ч - действительный годовой фонд рабочего времени; k - коэффициент выполнения норм времени. В серийном производстве объем выпуска определяет темп выпуска:

$$t = 60\Phi_d / N \quad (3)$$

Целесообразно, чтобы длительность операций была равна или кратна t . Для массового про- изводства $K_{з.о} = 1$, для крупносерийного $1 < K_{з.о} \leq 10$, для серийного $10 < K_{з.о} \leq 20$, для мелкосерийного $20 < K_{з.о} \leq 40$, для единичного $K_{з.о} > 40$ и верхний предел не регламенти- руется. До разработки ТП реальное значение $K_{з.о}$ неизвестно. При определении типа произ- водства учитывают либо заданную (плановую) трудоемкость, либо ориентировочную, оцененную на начальных стадиях проектирования ТП [1]. Тогда

$$K_{з.о} = O \cdot t / \sum T_{шт.i} = t / T_{шт..i} \quad (4)$$

где $T_{шт..i}$ - средняя норма штучного времени (Тшт. определяющей операции данного ТП); t - темп выпуска.

Пример 1

Сборку изделия выполняют за 7 технологических операций, общая трудоемкость которых 9,88 мин. Объем выпуска изделий $N = 60000$ шт. в год. Определить тип производ- ства.

Решение

При односменной работе и коэффициенте выполнения нормы $k = 1$ необходимое число рабочих мест:

$$P = N \cdot \sum T_{шт.i} / (60 \cdot k \cdot \Phi_d) = (60000 \cdot 9,88) / (60 \cdot 1 \cdot 2070) = 4,8 \approx 5$$

$$K_{зо} = O/P = 7/5 = 1,4$$

Производство крупносерийное.

Пример 2

Деталь изготавливают штамповкой за одну операцию. Норма штучного времени $T_{шт} = 0,2$ мин. Определить тип производства при объеме выпуска $N = 50000$ шт. в год.

Решение

Такт выпуска деталей при односменной работе

$$t = 60\Phi_d / N = (60 \cdot 2070) / 50000 = 2,5 \text{ мин.}$$

$$K_{30} = t / T_{шт} = 2,5 / 0,2 = 12,5$$

Производство среднесерийное.

Пример 3

Колодка разъема изготавливается из термопласта АГ-4в. Объем выпуска $N = 60000$ шт. в год. Максимальный линейный размер детали $l_{max} = 12$ мм. Определить тип производства при односменной работе.

Решение

Наиболее экономичный способ изготовления изделий из АГ-4в - литьевое прессование в стационарных многогнездных пресс-формах без арматуры. Предположим, что используется 6-гнездная пресс-форма.

Такт выпуска деталей

$$t = 60\Phi_d / N = (60 \cdot 2070) / 60000 = 2,07 \text{ мин.}$$

Норма штучного времени на операции прессования

$$T_{шт} = T_o + T_v + T_{орг} = T_o + T_v + k(T_o + T_v)$$

где T_o - основное технологическое время, равное выдержке материала в пресс-форме.

Из технологических справочников (см., например: Справочник конструктора-приборостроителя. Проектирование. Основные нормы / Под ред. В.Л. Соломахо.- Мн.: Выш. шк., 1988.- 272 с.) для термопласта АГ-4в берем выдержку 1 мин на 1 мм толщины детали. Так как $l_{max} = 12$ мм, $T_o = 12$ мин, то на одну деталь при шести гнездах: $T_o = 12/6 = 2$ мин;

T_v - вспомогательное время (загрузка загрузочной камеры пресс-материалом, включение и выключение давления, удаление детали, очистка пресс-формы, удаление литника и др.);

$T_{орг}$ - время организационного обслуживания рабочего места.

Из нормативно-технической документации: $T_v = 0,592$ мин; $T_{орг} = 7,5\%$ $(T_o + T_v) = 2,79$ мин.

$$K_{30} = t / T_{шт} = 2,07 / 2,79 \approx 1$$

Производство массовое.

Индивидуальное задание

№ варианта ТП	Объем выпуска, тыс. шт. в год	Трудоемкость изготовления, мин	Кол-во операций вТП	Число смен	Коэффициент выполнения нормы	T _{шт} , мин
1	30	-	-	1	1.00	0,30
2	500	250	150	1	1.00	-
3	0,2	-	-	1	1.00	1,50
4	150	-	-	1	0.95	2,00
5	12	-	-	1	0.95	0,50
6	1000	120	17	2	0.95	-
7	0,8	35	54	2	1.05	-
8	1,2	40	80	2	1.05	-
9	500	180	12	2	1.0	-
10	5	3000	14	2	0.95	-

Определить тип производства для вариантов технологических процессов, приведенных в таблице.

Задача №3

Расчёт технологичности конструкции изделия

При проектировании технологического процесса сборки и монтажа светодиодов и светотехнических устройств необходимо детально изучить исходные данные (ТУ и технические требования, комплекты конструкторской документации, программы выпуска, условия запуска в производство и др.). Основным критерием на данном этапе, определяющим пригодность устройств к промышленному выпуску, является технологичность конструкции.

Под технологичностью конструкции (ГОСТ 14.205-83) понимают совокупность характеристик конструкции изделий, определяющих ее приспособленность для осуществления оптимальных затрат при производстве, техническом обслуживании и ремонте для заданных показателей качества, объема выпуска и условий выполнения работ.

Оценка технологичности преследует следующие цели:

- определение соответствий характеристик технологичности нормативным значениям;
- выявление условий, которые оказывают максимальное влияние на технологичность изделий; установление важности данных факторов и уровней их влияния на- трудоемкость изготовления и технологическую себестоимость продукта.

С целью оценить технологичность конструкции используются многочисленные характеристики, делящиеся на количественные и качественные. К качественным относятся взаимозаменяемость, регулируемость, контролепригодность и приборная доступность конструкции. Количественные показатели согласно ГОСТ 14.201-73 ЕСТПП классифицируются на:

- базовые (исходные) показатели технологичности конструкций, регламентируемые отраслевыми стандартами;
- показатели технологичности конструкций, достигнутые при разработке изделий;

- показатели уровня технологичности конструкции, определяемые как отношение показателей технологичности разрабатываемого изделия к соответствующим значениям базовых показателей.

Номенклатура показателей технологичности конструкций выбирается в зависимости от вида изделия, специфики и сложности конструкции, объема выпуска, типа производства и стадии разработки конструкторской документации.

Базовые показатели технологичности блоков РЭА установлены стандартом отраслевой системы технологической подготовки производства "Методы количественной оценки технологичности конструкций изделий РЭА". Согласно нему все блоки по технологичности делятся на 4 основные группы:

- электронные: логические и аналоговые блоки оперативной памяти, блоки автоматизированных систем управления и электронно-вычислительной техники, где число ИМС больше или равно числу ЭРЭ.

- радиотехнические: приемно-усилительные приборы и блоки, источники питания, генераторы сигналов, телевизионные блоки и т.д.

- электромеханические: механизмы привода, отсчетные устройства, кодовые преобразователи и т.д.

- коммутационные: соединительные, распределительные блоки, коммутаторы и т.д.

Пример

Исходные данные для расчёта:

Комплексный показатель технологичности $K = 0,74$

Количество ЭРЭ в модуле $N_{ЭРЭ} = 140$

Коэффициент автоматизации пайки элементов. определяется по формулле:

$$K_{АП} = \frac{H_{АП}}{H_{ЭРЭ}}$$

где $H_{ЭРЭ}$ - количество ЭРЭ в модуле, которое подсчитывается по спецификации на сборочный чертёж;

$H_{АП}$ - количество ЭРЭ, пайка которых осуществляется на автоматах.

Количество ЭРЭ, пайка которых осуществляется на автоматах определяется:

$$H_{АП} = H_{ЭРЭ_{po}} - H_{H_{po}} + H_{ЭРЭ_{ни}} - H_{H_{ни}}$$

где $H_{ЭРЭ_{po}}$ и $H_{ЭРЭ_{ни}}$ соответственно количество ЭРЭ обычного и поверхностного монтажа;

$H_{H_{po}}$ и $H_{H_{ни}}$ - соответственно количество нестандартно монтируемых ЭРЭ обычного и поверхностного монтажа.

$$H_{АП} = 140 - 64 + 0 - 0 = 76$$

$$K_{АП} = 76/140 = 0,54$$

Определяем коэффициент автоматизации установки ЭРЭ, подлежащих пайке.

$$K_{AV} = \frac{H_{AV}}{H_{ЭРЭ}}$$

где H_{AV} - количество ЭРЭ, устанавливаемых на плату автоматизированными способами.

Количество ЭРЭ, устанавливаемых на плату автоматизированными способами находим по формуле:

$$H_{AV} = A_{скв} + A_{поэф}$$

где $A_{скв}$ - количество ЭРЭ, монтируемых в отверстия платы устанавливаемых на плату автоматизированными способами;

$A_{нов}$ - количество ЭРЭ, поверхностного монтажа, устанавливаемого на плату автоматизированными способами.

Значения величин $A_{скв}$ и $A_{нов}$ определяются следующим образом.

В проектируемом технологическом процессе выявляются операции, в которых ЭРЭ устанавливаются автоматизированными способами. Тогда

$$A_{нов} = H_{ЭРЭ_нм} - H_{н_нм}$$

$$A_{скв} = H_{ЭРЭ_по} - H_{н_по}$$

$$A_{нов} = 0$$

$$A_{скв} = 140 - 64 = 76$$

$$H_{AY} = 76 + 0 = 76$$

$$K_{AY} = 76/140 = 0,54$$

Определим коэффициент снижения трудоемкости сборки и монтажа:

$$K_{T_CB} = \frac{1}{H_{BM}}$$

где H_{BM} - число, характеризующее вид монтажа, определяется по таблице.

$$K_{T_CB} = 1/1 = 1$$

Определим коэффициент автоматизации операций контроля и настройки:

$$K_{AKH} = \frac{(H_{AT} + H_{A\Phi})}{H_{KH}}$$

где H_{AT} - число автоматизированных операций внутрисхемного тестирования модуля;

$H_{АФ}$ - число автоматизированных операций приемочного функционального контроля модуля;

$H_{кн}$ - число операций контроля и настройки.

$$K_{АКН} = (1+1)/3 = 0,66$$

Определим коэффициент повторяемости ЭРЭ:

$$K_{пов_ЭРЭ} = 1 - \frac{H_{Т_ЭРЭ}}{H_{ЭРЭ}},$$

где $H_{Т_ЭРЭ}$ - количество типоразмеров ЭРЭ в модуле.

Определим коэффициент применения типовых ТП:

$$K_{ТП} = \frac{(D_{ТП} + E_{ТП})}{D + E},$$

где $D_{ТП}$ и $E_{ТП}$ - число деталей и сборочных единиц, изготавливаемых с применением типовых и групповых ТП;

D , E - общее число деталей и сборочных единиц, кроме крепежа.

$$K_{ТП} = (1+3)/13+4 = 0,23$$

Определим коэффициент сокращения применения деталей:

$$K_{снд} = \frac{1}{D},$$

где D - количество деталей в модуле (без учета нормализованного крепежа).

Количество деталей D определяем по спецификации.

$$K_{снд} = 1/13 = 0,07$$

Найдем количество ЭРЭ обычного и поверхностного монтажа в партии изготавливаемых модулей:

$$N_{СКВ} = N \cdot H_{ЭРЭ_СКВ}$$

$$N_{ПОВ} = N \cdot H_{ЭРЭ_ПОВ}$$

где N - объем партии изготавливаемых модулей.

$$N_{СКВ} = 380000 \cdot 140 = 532 \cdot 10^5$$

$$N_{ПОВ} = 380000 \cdot 0 = 0$$

Найдем базовое значение комплексного показателя:

$$K_E = \frac{(K_c \cdot N_{СКВ} + 0,8 \cdot N_{ПОВ})}{(N_{СКВ} + N_{ПОВ})},$$

где $K_c = 0,55$ если $N_{СКВ} < 50000$ и $K_c = 0,7$, если $N_{СКВ} \geq 50000$

$$K_E = (0,7 \cdot 532 \cdot 10^5 + 0,8 \cdot 0) / (532 \cdot 10^5 + 0) = 0,7$$

Найдем уровень технологичности:

$$K_{VT} = \frac{K}{K_E}$$

$$K_{VT} = 0,74 / 0,7 = 1,05$$

Разработка технологической схемы сборки

определим действительный фонд времени за плановый период:

$$\Phi_\delta = c \cdot D \cdot \kappa_n \cdot 41 \cdot \frac{60}{5} (\text{мин}),$$

где c - количество рабочих смен;

D - количество рабочих дней за плановый период;

κ_n - коэффициент регламентированных перерывов ($\kappa_n = 0,95$).

$$\Phi_\delta = 2 \cdot 240 \cdot 0,95 \cdot 41 \cdot (60/5) = 224352$$

Определяем ритм сборки:

$$r = \frac{\Phi_d}{N} \left(\frac{\text{мин}}{\text{шт}} \right)$$

где N - программа выпуска.

$$r = 224352/380000 = 0,59$$

Найдем трудоемкость каждой операции сборки:

$$T_i = n \cdot \frac{60}{\Pi} \text{ (мин)},$$

где Π - производительность единицы оборудования, шт/час;

n - количество собираемых электрорадиоэлементов.

$$T_{Cв1} = 14 \cdot 60/1300 = 0,64$$

$$T_{Cв2} = 5 \cdot 60/400 = 0,75$$

$$T_{Cв3} = 114 \cdot 60/9000 = 0,7$$

$$T_{Cв4} = 22 \cdot 60/2400 = 0,55$$

Проверяем соотношение которое должно учитываться при каждой сборочной операции:

$$0,9 < \frac{T_i}{r} < 1,2$$

Для 1 операции сборки: $0,64/0,59 = 1,08$;

Для 2 операции сборки: $0,75/0,59 = 1,2$;

Для 3 операции сборки: $0,7/0,59 = 1,18$;

Для 4 операции сборки: $0,55/0,59 = 0,93$.

Находим среднюю полноту сборочного состава:

$$E_{cp} = \frac{E}{(k-1)^2}$$

где E - количество сборочных единиц в схеме сборочного состава;

k - показатель степени сложности сборочного состава, равный количеству ступеней сборки изделия.

$$E_{cp} = 5/(4-1) = 1,66$$

$$E = \sum_{i=1}^{k-1} m_i$$

где m_i - число групп, подгрупп, сборочных единиц.

$$E = 5$$

Находим показатель расчленённости процесса сборки:

$$M = \frac{n}{E}$$

где n - число рабочих операций, определенных для конкретных условий производства.

$$M = 10/5 = 2$$

Находим коэффициент средней точности сборочных работ:

$$K_{cp.c\delta} = \frac{k \cdot q}{E}$$

где k - показатель качества точности;

q - число сборочных единиц данного качества точности.

$$K_{cp.c\delta} = 12 \cdot 18/5 = 43,2$$

Определяем коэффициент сборности изделия:

$$K_{c\delta} = \frac{E}{(E + D)}$$

где D - количество деталей.

$$K_{сб} = 5/(5+19) = 0,208$$

Индивидуальное задание

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<i>K</i>	0,7	0,83	0,68	0,73	0,8	0,69	0,71	0,81	0,82
<i>N_{ЭРЭ}</i>	137	145	150	135	130	155	125	140	135
<i>N_{Н_рo}</i>	67	75	62	59	71	60	70	67	50
<i>N_{кн}</i>	3	5	4	2	3	3	5	2	4
<i>D</i> число деталей	15	18	12	14	13	15	17	11	12
<i>E</i> общее число сборочных единиц	3	4	2	5	4	2	3	5	3
<i>N</i>	375 000	368 000	370 000	373 000	380 000	383 000	379 000	385 000	369 000
<i>D</i> количество рабочих дней	228	228	230	226	223	224	225	226	228
<i>E</i> количество сборочных единиц	6	4	5	3	4	5	3	6	5

Задача №3

Определить общий индекс цветопередачи R_a нейтрально- белого светодиода, если цветовые сдвиги для i -х образцов МКО составляют соответственно:

$$\Delta E_1 = 5,4; \Delta E_2 = 8,9; \Delta E_3 = 1,5; \Delta E_4 = 6,5; \Delta E_5 = 10,2; \Delta E_6 = 1,1; \Delta E_7 = 0,4; \Delta E_8 = 2,3$$

Оценить к какому классу относится данный источник света по качеству цветопередающих свойств

Решение:

По формуле (1) находим спектральный индекс цветопередачи R_i для каждого i -го образца:

$$R_i = 100 - 4,6 \cdot \Delta e_i$$

Отсюда:

$$R_1 = 100 - 4,6 \cdot 5,4 = 75$$

$$R_2 = 100 - 4,6 \cdot 8,9 = 59$$

$$R_3 = 100 - 4,6 \cdot 1,5 = 93$$

$$R_4 = 100 - 4,6 \cdot 6,5 = 70$$

$$R_5 = 100 - 4,6 \cdot 10,2 = 53$$

$$R_6 = 100 - 4,6 \cdot 1,1 = 95$$

$$R_7 = 100 - 4,6 \cdot 0,4 = 98$$

$$R_8 = 100 - 4,6 \cdot 2,3 = 89$$

Находим общий индекс R_a как среднеарифметическое восьми значений специальных индексов цветопередачи R_i по формуле (13):

$$R_a = \frac{1}{8} \sum_{i=1}^8 R_i$$

Тогда,

$$R_a = \frac{1}{8} (75 + 59 + 93 + 70 + 53 + 95 + 98 + 89) = 79$$

Таким образом, общий индекс цветопередачи нейтрально-белого светодиода составляет 79%. По таблице 1 отмечаем, что данный источник

относится ко 2 группе по значению общего индекса цветопередачи, что характеризует его цветопередающие свойства среднего качества.

Таблица 1

Цветность и группы цветопередачи

Цветовая температура, К	Цветовая гамма
ниже 3300К	теплая
от 3300К до 5000К	нейтральная
выше 5000К	холодная
Группа цветопередачи	Общий индекс цветопередачи Ra в системе МКО
1А	$Ra \geq 90$
1В	$90 \geq Ra \geq 80$
2	$80 \geq Ra \geq 60$
3	$60 \geq Ra \geq 40$
4	$40 \geq Ra \geq 20$

Индивидуальное задание

Вар	R ₁	R ₂	R ₃	R ₄	R ₅	R ₆	R ₇	R ₈
1	R ₁ = 100 – 4,6·5,35 = 75	R ₂ = 100 – 4,6·3,3 = 84	R ₃ = 100 – 4,6·14,3 = 34	R ₄ = 100 – 4,6·5,25 = 75	R ₅ = 100 – 4,6·5,7 = 73	R ₆ = 100 – 4,6·6,4 = 70	R ₇ = 100 – 4,6·2,1 = 90	R ₈ = 100 – 4,6·4,7 = 50
2	R ₁ = 100 – 4,6·5,8 = 73	R ₂ = 100 – 4,6·6,2 = 71	R ₃ = 100 – 4,6·1,8 = 91	R ₄ = 100 – 4,6·2,5 = 88	R ₅ = 100 – 4,6·7,6 = 65	R ₆ = 100 – 4,6·3,4 = 84	R ₇ = 100 – 4,6·6 = 72	R ₈ = 100 – 4,6·10,7 = 50
3	R ₁ = 100 – 4,6·8,1 = 62	R ₂ = 100 – 4,6·4,2 = 80	R ₃ = 100 – 4,6·7,3 = 66	R ₄ = 100 – 4,6·2,8 = 87	R ₅ = 100 – 4,6·6,2 = 71	R ₆ = 100 – 4,6·8,8 = 59	R ₇ = 100 – 4,6·3,1 = 85	R ₈ = 100 – 4,6·7,5 = 65
4	R ₁ = 100 – 4,6·5,35 = 75	R ₂ = 100 – 4,6·3,3 = 84	R ₃ = 100 – 4,6·14,3 = 34	R ₄ = 100 – 4,6·5,25 = 75	R ₅ = 100 – 4,6·5,7 = 73	R ₆ = 100 – 4,6·6,4 = 70	R ₇ = 100 – 4,6·2,1 = 90	R ₈ = 100 – 4,6·4,7 = 78
5	R ₁ = 100 – 4,6·5,9 = 72	R ₂ = 100 – 4,6·3 = 86	R ₃ = 100 – 4,6·6,7 = 69	R ₄ = 100 – 4,6·8,4 = 61	R ₅ = 100 – 4,6·1,9 = 91	R ₆ = 100 – 4,6·10,8 = 50	R ₇ = 100 – 4,6·7,3 = 66	R ₈ = 100 – 4,6·6,6 = 69
6	R ₁ = 100 – 4,6·8,1 = 62	R ₂ = 100 – 4,6·4,2 = 80	R ₃ = 100 – 4,6·7,3 = 66	R ₄ = 100 – 4,6·2,8 = 87	R ₅ = 100 – 4,6·6,2 = 71	R ₆ = 100 – 4,6·8,8 = 59	R ₇ = 100 – 4,6·3,1 = 85	R ₈ = 100 – 4,6·7,5 = 65
7	R ₁ = 100 – 4,6·4,2 = 80	R ₂ = 100 – 4,6·1,3 = 94	R ₃ = 100 – 4,6·10,9 = 49	R ₄ = 100 – 4,6·8,2 = 62	R ₅ = 100 – 4,6·8,3 = 61	R ₆ = 100 – 4,6·2,2 = 89	R ₇ = 100 – 4,6·7,1 = 32	R ₈ = 100 – 4,6·10,1 = 53
8	R ₁ = 100 – 4,6·4,6 = 78	R ₂ = 100 – 4,6·8 = 36	R ₃ = 100 – 4,6·6,1 = 71	R ₄ = 100 – 4,6·3,2 = 85	R ₅ = 100 – 4,6·7,5 = 34	R ₆ = 100 – 4,6·8,1 = 62	R ₇ = 100 – 4,6·11,6 = 46	R ₈ = 100 – 4,6·6,6 = 69
9	R ₁ = 100 – 4,6·5,8 = 73	R ₂ = 100 – 4,6·6,2 = 71	R ₃ = 100 – 4,6·6,7 = 69	R ₄ = 100 – 4,6·2,5 = 88	R ₅ = 100 – 4,6·1,9 = 91	R ₆ = 100 – 4,6·3,4 = 84	R ₇ = 100 – 4,6·6 = 72	R ₈ = 100 – 4,6·6,6 = 69
10	R ₁ = 100 – 4,6·7,9 = 63	R ₂ = 100 – 4,6·5,3 = 75	R ₃ = 100 – 4,6·11,3 = 48	R ₄ = 100 – 4,6·7,8 = 64	R ₅ = 100 – 4,6·1,5 = 93	R ₆ = 100 – 4,6·6,9 = 68	R ₇ = 100 – 4,6·4,5 = 79	R ₈ = 100 – 4,6·9,1 = 58

Оценить к какому классу относится данный источник света по качеству цветопередающих свойств.

2. СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технология сборки и монтажа мощных светоизлучающих изделий: Учебное пособие / Туев В. И., Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Старосек Д. . - 2016. 48 с.
2. Юрков Н.К. Технология производства электронных средств: учебник. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 480 с. [Электронный ресурс]. - <http://e.lanbook.com/view/book/41019/>
3. Светодиоды : Пер. с англ. / А. И. Берг, П. Дин; Ред. и предисл. А. Э. Юнович. - М. : Мир, 1973. - 98[2] с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 4 экз.)
4. Физика полупроводниковых приборов : пер. с англ.: В 2 кн. / С. М. Зи; Пер. В. А. Гергель, Пер. Н. В. Зыков, Пер. Р. З. Хафизов, Ред. Пер. Р. А. Сурис. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Мир, 1984 - Кн. 2. - М. : Мир, 1984. - 456 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 15 экз.)
5. Светодиоды и светодиодные устройства: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлению подготовки 11.03.03 – Конструирование и технология электронных средств / Солдаткин В. С., Вилисов А. А., Туев В. И. - 2016. 40 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/5954>, свободный.
6. Сысоев С.К., Сысоев А.С., Левко В.А. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов – СПб., М., Краснодар: Издательство «Лань», 2011. – 352с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=711.
7. Коледов Л.А. Технология и конструкция микросхем, микропроцессоров и микросборок – СПб., М., Краснодар: Издательство «Лань», 2009. – 400с. [Электронный ресурс]. - http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=192.
8. Единая система технологической документации: Справочное пособие / Е.А. Лобода, В.Г. Мартынов, Б.С. Мендриков и др. – М.: Издательство стандартов, 1992. - 325 с. (наличие в библиотеке ТУСУР - 5 экз.)

9. Математические модели и САПР электронных приборов и устройств: Учебное пособие / Саликаев Ю. Р. - 2012. 131 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/2593>, свободный.

10. Проектирование и технология электронной компонентной базы: Учебно-методическое пособие по аудиторным практическим занятиям и самостоятельной работе для магистрантов, обучающихся по направлению подготовки 210100 «Электроника и нанoeлектроника» / Зыков Д. Д. - 2012. 49 с. [Электронный ресурс] - Режим доступа: <http://edu.tusur.ru/publications/4733>, свободный.