

Проекционная система

Черных Н.Г. студент гр.141151/02
кафедра ПУ, ТулГУ

В статье исследуется проекционная система. Проведен обзор существующих схем и конструкций, а также произведен габаритный расчет проекционной системы.

Ключевые слова: проекционная система, объектив, окуляр, конденсор.

Введение.

Оптические приборы, дающие изображения на экране, называются проекционными. К числу таких приборов относятся: кинопроекторный аппарат, эпидиаскоп, большой проектор и др.

В зависимости от характера проектируемого предмета все проекционные системы разделяются на два вида: эпископические и диаскопические. Если предмет непрозрачен, то изображение образуется лучами света, отраженными от предмета. Такой вид проекции называется эпископической, или проекцией в отраженных лучах света. Если предмет прозрачен, то изображение образуется лучами света, проходящими сквозь предмет. Такой вид проекции называется диаскопической, или проекцией в проходящих лучах света.

Оптическая схема любой проекционной системы состоит из двух частей: осветительной и оптической. Осветительная часть включает в себя источники света, конденсоры и зеркала, назначение которых заключается в наилучшем освещении того или иного предмета. Его характеристики должны соответствовать характеристикам оптической части прибора. Оптическая часть большей частью представляет собой проекционный объектив.

Основная часть.

Для получения четкого изображения проекционной системы в помещении, освещенность которого равно $E=200$ лк, произведен габаритный расчет системы. Размер кадра проекционной системы равен 18×24 [мм]. Фокусное расстояние объектива примем $f'_{об} = 50$ [мм], а линейное увеличение системы $\beta = -20$.

Расчет.

$$f'_{об} = \frac{a'_{об}}{1 - \beta_{об}} \Rightarrow \alpha'_{об} = f'_{об} (1 - \beta_{об}) = 50 * 21 = 1050 \text{ (мм)}$$

$$\begin{cases} L_{пр} = -a_{об} + a'_{об}, \\ \beta_{об} = \frac{-a'_{об}}{a_{об}} \end{cases} \begin{cases} L_{пр} = 1050 + 52,5 = 1102,5 \\ a_{об} = -52,5 \end{cases}$$

$$a_{об} = \frac{a'_{об}}{\beta_{об}} = \frac{1050}{-20} = -52,5 \text{ (мм)}$$

$$L_{кадра} = \sqrt{18^2 + 24^2} = 30$$

$$D_{экрана} = \frac{d_k * a'_{об}}{-a_{об}} = \frac{30 * 1050}{-52,5} = 600$$

Далее необходимо определить размер экрана:

$$\frac{D_э}{d_к} = \frac{x}{18}$$

$$X = \frac{18D_э}{d_к} = \frac{18 \cdot 600}{30} = 360$$

$$\frac{D_э}{d_к} = \frac{y}{24}$$

$$Y = \frac{24D_э}{d_к} = \frac{24 \cdot 600}{30} = 480$$

Размер экрана - 360x480

$$\Phi' = E * S = 200 * (0.36 * 0.48) = 34.56 \text{ (Лм)}$$

Полный световой поток

$$\Phi_0 = (20 \div 100)\Phi' = (691 \div 3456)\text{Лм}$$

Одна из основных частей осветительной системы является источник света. Выбираем Лампу К10

$$U=12\text{В}$$

$$P=50\text{Вт}$$

$$\Phi=1000\text{Лм}$$

Наибольший диаметр $D=51\text{мм}$

Наибольшая длинна $L=77\text{мм}$

Высота светового центра $H=45\text{мм}$

Ширина тела накала $a=7.2\text{мм}$

Высота тела накала $b=0.95\text{мм}$

Продолжительность горения 50ч

Рассчитываем яркость лампы

$$\Phi_{\square} = 2\pi LdS$$

$$L = \frac{\Phi}{2\pi dS} = \frac{1000}{6.28 \cdot 0.00000684} = 23280062 \frac{\text{кД}}{\text{м}^2}$$

Выходной зрачок

$$D'_p = 2 * p' * \sqrt{\frac{E}{r\pi L}}$$

$r \sim 0.8$; p' - расстояние от объектива до экрана

$$D'_p = 2 * 1050 * \sqrt{\frac{200}{0.8 * 3.14 * 23280062}} = 3.885 \text{ (мм)}$$

Объектив с относительным отверстием:

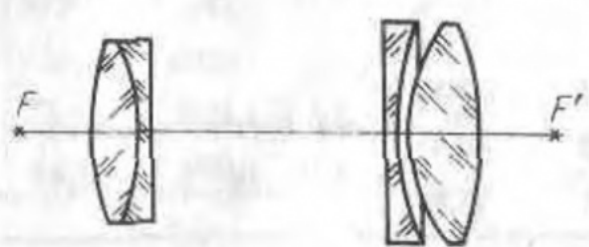
$$\frac{D}{f'} = \frac{3.885}{50} = \frac{1}{12.87}$$

Угловое поле объектива

$$\text{tg}(\omega) = \frac{D_3}{2 * a'_{ог}} = \frac{600}{2 * 1050} = 0,28$$

$$\omega = 15^\circ, 2\omega = 30^\circ$$

Выбираем объектив

Тип объективов. Оптические характеристики	Конструктивные параметры объективов				
	Номер поверхности	r	d	n_D	D
Проекционные объективы  $f' = 75; 1:2,1; 2\omega = 23^\circ;$ $S_F = 37,39; S'_{F'} = -45,5$	1	46,8	11,0	1,510	36,5
	2	-39,9	2,5	1,578	36,5
	3	∞	32,5	1	
	4	66,5	2,5	1,578	39,5
	5	26,5	2,5	1	
	6	30,4	10,5	1,510	39,5
	7	-134,8			

Т.к. выбранный объектив не соответствует расчетному, выполняем пересчет

$$K_{\text{пер}} = \frac{f'_{\text{об.расч.}}}{f'_{\text{об.выбр.}}} = \frac{50}{75} = 0,6666 \dots$$

$$K_{\text{пер}} * S_f = 0.6667 * 37.39 = 24.93$$

$$K_{\text{пер}} * S'_{f'} = 0.6667 * (-45.5) = -30.33$$

	D	d	r
1	24.33	7.33	31.2
2	24.33	1.67	-26.6
3		21.67	∞
4	26.33	1.67	44.34
5		1.67	17.67
6	26.33	7	20.27
7			89.87

Рассчитываем параметры объектива

$$z'_{об} = -\beta * f' = -(-20) * 75 = 1500$$

$$S' = z' + S_f = 1500 + 24.33 = 1524.33$$

$$z_{об} = -\frac{a}{\beta} = -\frac{-75}{-20} = -3,75$$

$$-S^{\square} = -S'_{f'} - z = 3.75 + 30.33 = 34.08$$

Проверка пересчета

1 Положительная линза

$4d+10t \geq D$, где $t \geq 0.05D$

$$4*7.33+10t \geq 24.33$$

$$10t \geq 4.99$$

$$t \geq -0.499$$

$$t \geq 0.05D = 0.05 * 24.33 \geq 1.21 \text{ Условие выполнено}$$

2 Положительная линза

$$4d + 10t \geq D, \text{ где } t \geq 0.05D$$

$$4 * 7 + 10t \geq 26.36$$

$$10t \geq -1.67$$

$$t \geq -0.167$$

$$t \geq 0.05D = 0.05 * 26.33 \geq 1.31 \text{ Условие выполнено}$$

1 Отрицательная линза

$$12d + 3t \geq D, \text{ где } d \geq 0.05D$$

$$12d + 3 * 1.21 \geq 24.33$$

$$d \geq 1.725$$

$$d \geq 0.05 * 24.33 \geq 1.21 \text{ Условие выполнено}$$

2 Отрицательная линза

$$12d + 3t \geq D, \text{ где } d \geq 0.05D$$

$$12d + 3 * 1.31 \geq 26.33$$

$$d \geq 1.87$$

$$d \geq 0.05 * 26.33 \geq 1.31 \text{ Условие выполнено}$$

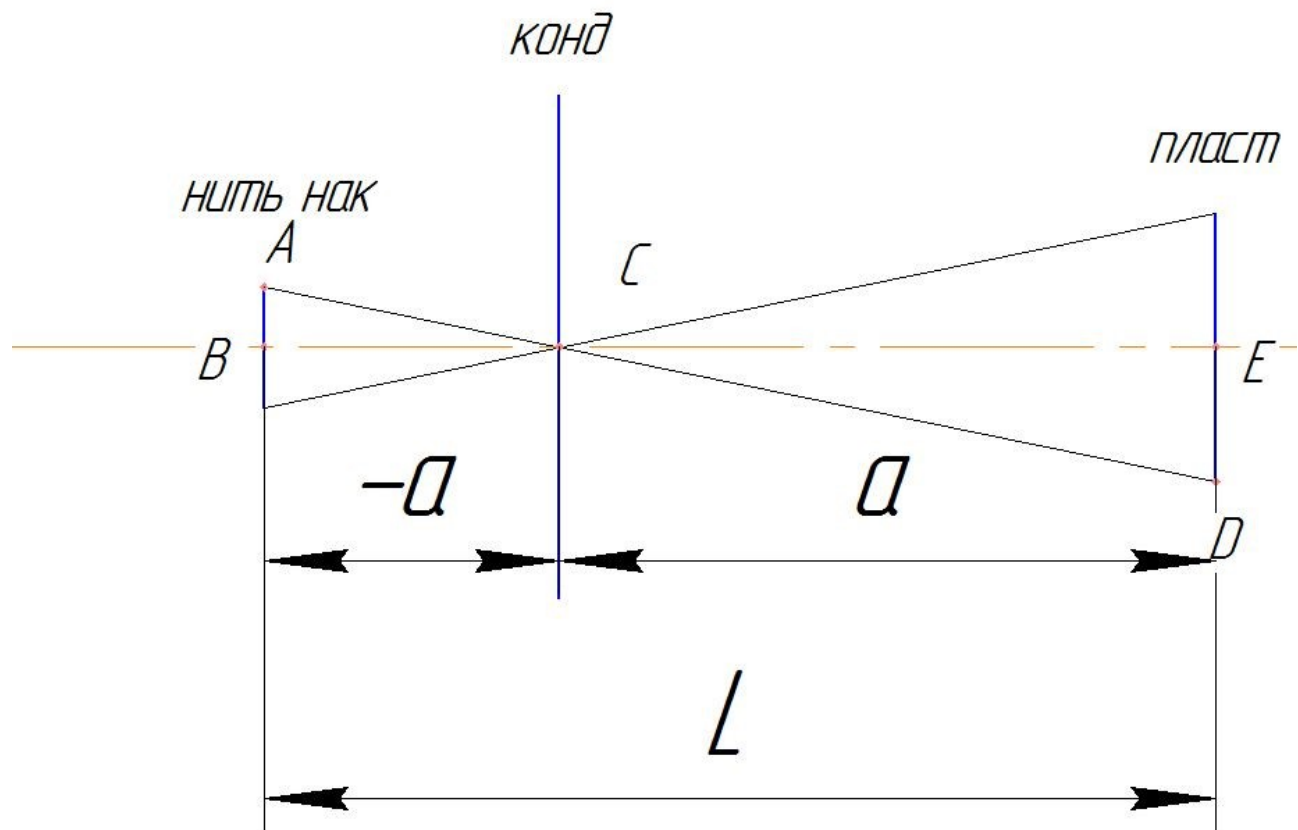
Из-за конструктивных особенностей (диаметр объектива меньше диаметра кадра) в конструкции присутствует рассеивающая пластина, которая находится перед кадром.

Расчет и выбор конденсора

$$\beta_k = -\frac{D}{C} = -\frac{24.33}{7.2} = -3.38$$

$$\text{tg}(\delta'_{A'}) = \frac{l}{f_{об} - (-a_{об} + f_{об})} = \frac{15}{50 - (-52.5 + 50)} = 0.2857$$

$$\sin(\delta_A) = -3.38 * 0.2857 = 0.9657$$



$$\beta_k = -\frac{D_k}{C} = -\frac{30}{7,2} = -4,16$$

$\triangle ABC$ и $\triangle CDE$ подобны

$$\frac{AB}{ED} = \frac{BC}{CE} \Rightarrow \frac{7,2}{30} = 0,24$$

$$\frac{a_k}{a'_k} = 0,24$$

Зададимся $L=200$

$$\begin{cases} \frac{a_k}{a'_k} = 0,24 \\ a_k + a'_k = 200 \end{cases} \begin{cases} a_k = 38,71 \\ a'_k = 161,29 \end{cases}$$

$$f'_k = \frac{a'_k}{1 - \beta_k} = 31,25$$

Выбираем конденсор трехлинзовый

Трехлинзовые											
5	0,52	33,6	-24,7	32,1	-31,4	200	1	-32,4			30
							2	-22,2	5	TK2	32
							3	-57,3	0,1	-	35
							4	-37,5	4	TK2	37
							5	102,5	0,1	-	40
							6	-59,2	18	TK2	41

Пересчитаем L

$$f'_k = \frac{a'_k}{1 - \beta_k} \Rightarrow a'_k = (1 - \beta_k) * f'_k = 33.6 * 6 = 201.6$$

$$\beta_k = \frac{a'_k}{a_k} \Rightarrow a_k = \frac{a'_k}{\beta_k} = \frac{201.6}{-5} = -40.32$$

$$L = a'_k + a_k = 241.92$$

Полученная проекционная система обеспечивает четкое изображения кадра при заданной освещенности помещения.

Список используемой литературы

1. Анурьев В.К. Справочник конструктора машиностроения. М.: Машиностроение, 1982. – 326 с.
2. Ключников В.В., Ключникова Л.В. Проектирование оптико-механических приборов. – СПб.: Политехника, 1994. – 206 с.
3. Кругер М.Я., Панов В.А. Справочник конструктора оптико-механических приборов. – Л.: Машиностроение, 1987. – 760 с.