

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ академика С.П. Королева»
(Самарский университет)

Расчет системы транспортировки и формирования излучения

Самара 2017

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ академика С.П. Королева»
(Самарский университет)

Расчет системы транспортировки и формирования излучения
методические указания к практическим работам

Самара 2017

УДК 535.8

Составители: Е.В.Тимченко, П.Е.Тимченко

Рецензент: к.т.н., ассистент Ендуткина Е.А.

Расчет системы транспортировки и формирования излучения:
метод. указ. / сост. Е.В.Тимченко, П.Е.Тимченко – Самара: Изд-во Самарский университет, 2017. – 16 с: ил.

Данное методическое пособие предназначено для формирования навыков расчета транспортировки и формирования излучения. По результатам расчетов необходимо спроектировать оптическую схему.

Методические указания предназначены для студентов дневного отделения Самарского университета, обучающихся по специальности 12.03.05 «Лазерная техника и лазерные технологии» по дисциплинам «Оптика лазеров», «Прикладная оптика».

© Самарский университет, 2017

Оглавление

ЗАДАНИЕ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	7
1. РАСЧЕТ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ	8
1.1. РАСЧЕТ ОБЪЕКТИВА.	8
1.1.1. РАСЧЕТ ПЕРВОЙ ЛИНЗЫ.	8
1.1.2 РАСЧЕТ ВТОРОЙ ЛИНЗЫ	8
1.1.3. РАСЧЕТ ТРЕТЬЕЙ ЛИНЗЫ.	9
1.2. РАСЧЕТ ДИАМЕТРА ФОКУСИРУЕМОГО ПЯТНА.	9
1.3. РАСЧЕТ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ.....	10
1.3.1. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОТРАЖЕНИЕ И НА ПОГЛОЩЕНИЕ.	10
1.3.2 РАСЧЕТ НОМИНАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ $q_{изл}$	11
Приложение 1	12
Приложение 2	13
Приложение 3	14
Список использованных источников	15

ЗАДАНИЕ

Величина/ Варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
n	2,4	1,54	1,54	2,4	2,4	2,4	1,54	2,4	1,54	1,54	2,4	2,4	2,4
λ , мкм	10,6												
θ , мрад.	0,3	0,8	0,95	1	1,2	1,5	1,7	1,6	0,65	0,72	1,15	0,98	1,4
d_0 , мм	15	17	19	20	22	23	24	15	24	26	16	17	15,5
L , м	5	6	6	6	6	7	7	5	6	7	5	6	6
L_1 , м	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,5	0,55	0,55	0,65	0,6	0,65
P , кВт	1	2	1	1	2	2	2	1	1	2	1	2	2

Величина/ Варианты	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
n	2,4	1,54	1,54	2,4	2,4	2,4	1,54	2,4	1,54	1,54	2,4	2,4	2,4
λ , мкм	10,6												
θ , мрад.	0,8	0,95	0,7	1,2	1	1,5	1,6	1,7	0,55	0,52	1,1	0,8	1,4
d_0 , мм	16	15	16	18	20	21	20	17	23	24	19	16	17,5
L , м	5	5	5	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5
L_1 , м	0,5	0,5	0,65	0,6	0,45	0,56	0,5	0,6	0,7	0,55	0,75	0,6	0,5
P , кВт	1	2	1	1	2	1	2	1	1	1	2	2	1

n – показатель преломления;

λ мкм – длина волны излучения;

θ рад – расходимость лазерного излучения;

d_0 мм – апертура излучения;

L м – общая длина прохождения лазерного луча;

L_1 м – расстояние от резонатора до объектива;

P кВт – мощность излучения.

В работе необходимо:

1) Осуществить анализ выбора материала для линз транспортной системы;

1) Произвести расчет объектива;

2) Произвести расчет диаметра фокусируемого пятна;

3) Произвести расчет плотности мощности излучения;

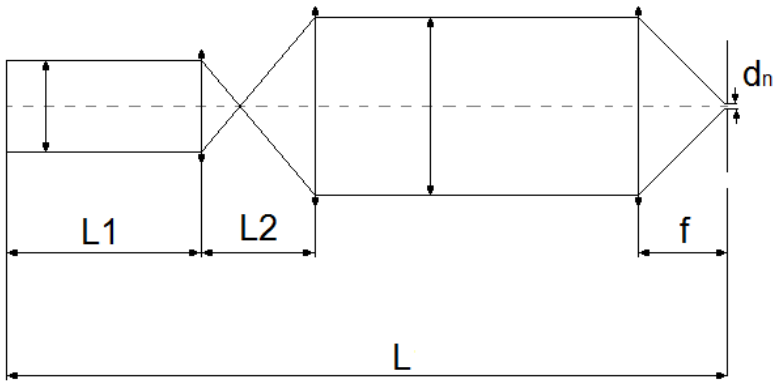


Рисунок 1- Расчетная схема

ВВЕДЕНИЕ

Система транспортировки и формирования излучения применяется во многих областях наукоемких технологий. В частности обработка материалов при помощи лазерной резки. Поскольку для обработки материалов требуется многоосевая обрабатывающая головка, целесообразно транспортировать и фокусировать мощное лазерное излучение при помощи специальной системы, а не перемещать излучающую установку.

Данное методическое пособие предназначено для формирования навыков расчета транспортировки и формирования излучения. По результатам расчетов можно спроектировать оптическую схему.

Цель работы – рассчитать и сконструировать транспортирующую систему, при заданных характеристиках.

1. РАСЧЕТ ТРАНСПОРТИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ

1.1. РАСЧЕТ ОБЪЕКТИВА.

1.1.1. РАСЧЕТ ПЕРВОЙ ЛИНЗЫ.

$\frac{r_1}{r_2} = C$ – из условия минимальной абберации, где

$$C = \frac{2n^2 - n - 4}{2n^2 + n} \quad (1.1)$$

Принимая во внимание условие уменьшения абберации, для линзы $r_1 < |r_2|$ выбираем

$$r_1 > 5d_0 \text{ (мм);}$$

$$r_2 = r_1 / C \text{ (мм).}$$

Выбираем диаметр линзы в соответствии с ее материалом и уменьшением оптической абберации (условие 1):

$d_{л} = 2,8 \cdot d_0$ - при условии минимальной оптической абберации для дешевых материалов.

$d_{л} = \sqrt{3} \cdot d_0$ - при условии минимальной оптической абберации для дорогих материалов.

Вычислив диаметр линзы и исходя из формулы оптической силы, найдем f_1 первой линзы.

Если первая линза собирающая, то:

$$\Phi_1 = \frac{1}{f_1} = (n-1) \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right) + \frac{(n-1)^2}{n \cdot r_1 \cdot r_2} \cdot d_{л1}; \quad (1.2)$$

1.1.2 РАСЧЕТ ВТОРОЙ ЛИНЗЫ

Соответственно фокус второй линзы равен :

$$f_2 = 2f_1 \cdot (1.3)$$

В соответствии с типом объектива $L_2 = 3f_1$.

Выбираем $d_{л2}$ из (условия 1): $d_{л2} = 2,8 \cdot 2d_0 = 5,6d_0$.

Так как материал линз тот же, что и для первой линзы, значение C остается прежним.

Тогда:

$$\frac{r_3}{r_4} = C \text{ или } C \cdot r_4 = r_3 \text{ (условие 2)}.$$

Учитывая (условие 2), находим из формулы оптической силы r_4 :

$$\Phi_2 = \frac{1}{f_2} = (n-1) \left(\frac{1}{r_3} - \frac{1}{r_4} \right) + \frac{(n-1)^2}{n \cdot r_3 \cdot r_4} \cdot d_{л2} = (n-1) \left(\frac{1}{C \cdot r_4} - \frac{1}{r_4} \right) + \frac{(n-1)^2}{n \cdot C \cdot r_4^2} \cdot d_{л2}$$

; (1.4)

решаем квадратное уравнение:

$$n \cdot C \cdot r_4^2 - n \cdot r_4 \cdot (1 - C) \cdot (n - 1) \cdot f_2 - f_2 \cdot (n - 1)^3 \cdot d_{л2} = 0 ;$$

выбираем один из корней уравнения.

Тогда $r_3 = C \cdot r_4$.

1.1.3. РАСЧЕТ ТРЕТЬЕЙ ЛИНЗЫ.

Аналогично расчету первой и второй линзы подбираем диаметр третьей линзы. Так как диаметр луча, достигнув поверхности третьей линзы, будет равен $2d_0$, то, соответственно, диаметр третьей линзы подбираем следующий:

$$d_{л3} = 2,8 \cdot (2 \cdot d_0) = 5,6 \cdot d_0.$$

Подбираем r_5 следующим образом: $r_5 > 5d_0$. Затем, соблюдая условие $C \cdot r_6 = r_5$, находим f_3 из формулы оптической силы

$$\Phi_3 = \frac{1}{f_3} = (n-1) \left[\left(\frac{1}{r_5} - \frac{1}{r_6} \right) + \frac{(n-1)^2}{n \cdot r_5 \cdot r_6} \cdot d_{л3} \right]; \quad (1.5)$$

1.2. РАСЧЕТ ДИАМЕТРА ФОКУСИРУЕМОГО ПЯТНА.

$$d_{п} = d'_{п} + \Delta d_{п}, \quad (1.6)$$

где d'_Π – от сферической аберрации,

Δd_Π – величина, учитывающая расходимость излучения.

Формула для вычисления составляющей влияния сферической аберрации на диаметр фокусируемого пятна:

$$d'_\Pi = 2 \cdot k \cdot R_{Л3}^3; R_{Л3} = \frac{d_{Л3}}{2}, (1.7)$$

$$\text{где } k = \frac{n^2}{2} \cdot \left[\frac{1}{r_5^2} \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot (n^2 - 1)}{n^3} \right) + \frac{1}{r_5 \cdot r_6} \cdot \left(\frac{1}{n^2} + \frac{2}{n} - 2 \right) + \frac{1}{r_6^2} \right]; (1.8)$$

Формула для вычисления составляющей влияния расходимости излучения на диаметр фокусируемого пятна:

$$\Delta d_\Pi = L \cdot \theta.$$

Тогда, $d_\Pi = d'_\Pi + \Delta d_\Pi$.

1.3. РАСЧЕТ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ

1.3.1. РАСЧЕТ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ НА ОТРАЖЕНИЕ И НА ПОГЛОЩЕНИЕ.

Исходя из следующей формулы, найдем потери мощности излучения на отражение и на поглощение :

$$\Delta P = P_0 (z+(1-z)y + (1-z)(1-y)z + (1-z)^2(1-y)z + (1-z)^3(1-y)y + (1-z)^3(1-y)^2z + (1-z)^4(1-y)^2z + (1-z)^5(1-y)^2y + (1-z)^5(1-y)^3z), (1.9)$$

где P_0 - мощность светового луча на выходе из излучателя;

z - коэффициент отражения на каждой из поверхности линз (порядка $2 \div 3\%$);

y - коэффициент поглощения линз (порядка $2 \div 3\%$);

примем $z = 2\%$, а $y = 3\%$.

Тогда мощность фокусируемая в пятне с учетом всех потерь находится из выражения :

$$P^1 = P_0 - \Delta P; (Вт) (1.10)$$

1.3.2 РАСЧЕТ НОМИНАЛЬНОЙ ПЛОТНОСТИ МОЩНОСТИ ИЗЛУЧЕНИЯ $q_{изл}$.

$$q_{изл} = \frac{P^i}{S_{II}} = \frac{4 \cdot P^i}{\pi \cdot d_{II}^2}, (1.11)$$

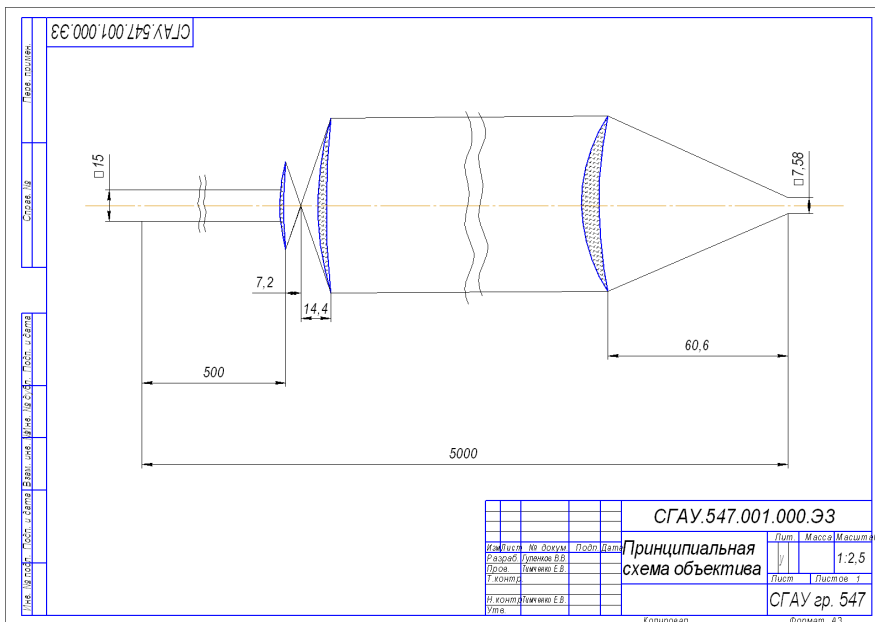
где S_{II} - площадь фокусируемого пятна.

Приложение 1

Отчет по практическому заданию должен включать в себя:

1. Введение (включая актуальность, цели и задачи)
2. Основная расчетная часть
3. Заключение (выводы по полученным результатам)
4. Приложение (чертежи линз и принципиальной схемы объектива)

Приложение 2



СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Толстоба Н.Д., Цуканов А.А. Проектирование узлов оптических приборов. Учебное пособие. СПб, 2002. – 128 с.
2. ГОСТ 2.412-81. ЕСКД Правила выполнения чертежей и схем оптических изделий.
3. СТО СГАУ 02068410-004-2007. Стандарт организации. Общие требования к учебным текстовым документам [Текст] – Введ. 2007.10.09 – С.: Издательство СГАУ , 2007. – 30 с.

Учебное издание

Расчет системы транспортировки и формирования излучения

методические указания к практическим работам
Составители: Тимченко Елена Владимировна
Тимченко Павел Евгеньевич

Подписано в печать. Формат
Бумага офсетная. Печать офсетная.
Печ.л. 1

Тираж 100 экз. Заказ . Арт С- /2017

Самарский государственный национальный университет имени
академика С.П. Королева» (Самарский университет)
443086 Самара, Московское шоссе, 34

Издательство Самарский университет
443086 Самара, Московское шоссе, 34