

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**

**Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

СВЕТОТЕХНИКА

*Рекомендовано Учебно-методическим объединением
высших учебных заведений Республики Беларусь по образованию
в области сельского хозяйства в качестве пособия для студентов
высших учебных заведений специальности 1-74 06 05 Энергетическое
обеспечение сельского хозяйства*

Минск 2008

УДК 628.9 (07)

ББК 31.294я7

С 24

Авторы:

канд. техн. наук, доц. *М.М. Николаенок*;

канд. техн. наук, доц. *В.А. Пашинский*;

ст. преподаватель *Р.И. Кустова*;

ведущий инженер-программист *Е.Н. Музыченко*

Рецензенты:

кафедра «Электроснабжение» БНТУ;

главный специалист-электрик РУП «Белгирпродор»

Г.И. Подгородецкий

Э45 **Светотехника** : пособие / М.М. Николаенок, [и др.]. – Минск :
БГАТУ, 2008. – с.184.

ISBN 978-985-519-037-1

Издание предназначено для студентов вузов и учащихся колледжей специальности «Энергетическое обеспечение сельского хозяйства».

УДК 628.9 (07)

ББК 31.294я7

ISBN 978-985-519-037-1

© БГАТУ, 2008

ЧАСТЬ I МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

1.1 ПОЛУЧЕНИЕ И ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Цель занятия

Ознакомиться с физическими основами получения и преобразования оптического излучения, получить практические навыки расчета освещенности в контрольной точке от излучателей.

Контрольные вопросы

1. Природа оптического излучения, волновая и квантовая теории электромагнитного излучения.

2. Как определить частоту излучения и энергию кванта при известных длине волны и скорости распространения?

3. Понятие фотона света и определение его массы.

4. Энергетические величины (лучистый поток, спектральная плотность потока излучения, сила излучения, плотность излучения, облученность, количество излучения или энергетическая экспозиция) и единицы их измерения.

5. Понятие интегральной, спектральной и относительной спектральной чувствительности приемника.

6. Поясните понятия световой поток, сила света и освещенность. В каких единицах измеряются эти величины?

7. Что такое кривая силы света светильника?

8. Как изменится освещенность в точке, если плоскость с рассматриваемой точкой наклонить по отношению к горизонтальной на угол θ ?

Литература: [1, 2].

Расчетные формулы

Шкала спектра оптического излучения приведена в таблице 1.1.

$$\text{Частота излучения, } \text{с}^{-1} \quad \nu = \frac{c}{\lambda}, \quad (1.1)$$

где λ – длина волны [мкм, нм, м] ($1 \text{ м} = 10^6 \text{ мкм} = 10^9 \text{ нм}$);
 ν – частота [с^{-1}]; c – скорость распространения [$\text{м} \cdot \text{с}^{-1}$].

Таблица 1.1 Спектр оптического излучения

РЕНТГЕНОВСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ	ОПТИЧЕСКОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ										РАДИОВОЛНЫ																							
	УЛЬТРАФИОЛЕТОВОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ				ВИДИМОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ		ИНФРАКРАСНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ																											
	<i>1нм</i>	<i>200нм</i>	<i>280нм</i>	<i>315нм</i>	<i>380нм</i>	<i>760нм</i>	<i>760нм</i>	<i>1400нм</i>	<i>3000нм</i>	<i>1мм</i>																								
		Зона С	Зона В	Зона А			Зона А	Зона В	Зона С																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;"><i>380нм</i></td> <td style="text-align: center;"><i>450нм</i></td> <td style="text-align: center;"><i>480нм</i></td> <td style="text-align: center;"><i>510 нм</i></td> <td style="text-align: center;"><i>550нм</i></td> <td style="text-align: center;"><i>585нм</i></td> <td style="text-align: center;"><i>620нм</i></td> <td style="text-align: center;"><i>760 нм</i></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">фиолетовый</td> <td style="text-align: center;">синий</td> <td style="text-align: center;">голубой</td> <td style="text-align: center;">зеленый</td> <td style="text-align: center;">желтый</td> <td style="text-align: center;">оранжевый</td> <td style="text-align: center;">красный</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="8" style="text-align: center;">Цвет излучения</td> </tr> </table>											<i>380нм</i>	<i>450нм</i>	<i>480нм</i>	<i>510 нм</i>	<i>550нм</i>	<i>585нм</i>	<i>620нм</i>	<i>760 нм</i>	фиолетовый	синий	голубой	зеленый	желтый	оранжевый	красный		Цвет излучения							
<i>380нм</i>	<i>450нм</i>	<i>480нм</i>	<i>510 нм</i>	<i>550нм</i>	<i>585нм</i>	<i>620нм</i>	<i>760 нм</i>																											
фиолетовый	синий	голубой	зеленый	желтый	оранжевый	красный																												
Цвет излучения																																		

Энергия фотона – элементарной частицы излучения, Дж

$$Q_e = \hbar \nu, \quad (1.2)$$

где \hbar - постоянная Планка, равная $6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с.

$$\text{Масса фотона, г} \quad m_\phi = \frac{Q_e}{c^2}. \quad (1.3)$$

$$\text{Для оптической части спектра} \quad m_\phi = 10^{-30} - 10^{-35} \text{ г.}$$

$$\text{Лучистый поток излучения, Вт} \quad \Phi_e = \frac{dQ_e}{dt}, \quad (1.4)$$

где dQ_e – энергия излучения за время dt , в течение которого оно неизменно.

Спектральная плотность или спектральная интенсивность потока излучения, Вт/м

$$\varphi(\lambda) = \frac{d\Phi_\lambda}{d\lambda}, \quad (1.5)$$

где $d\lambda$ – ширина полосы спектра, на которой измерен однородный (монохроматический) поток $d\Phi_\lambda$.

Поток излучения в диапазоне спектра от λ_1 до λ_2 , Вт

$$\Phi_e = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} \varphi(\lambda) d\lambda, \quad (1.6)$$

или для линейчатого спектра

$$\Phi_e = \sum_{i=1}^n \Phi_{e\lambda_i}. \quad (1.7)$$

Сила излучения, Вт/ср

$$I_e = \frac{d\Phi_e}{d\varpi}, \quad (1.8)$$

где $d\varpi$ – телесный угол, внутри которого равномерно распределяется поток.

Облученность или плотность облучения, Вт/м²

$$E_e = \frac{d\Phi_e}{dS}, \quad (1.9)$$

где dS – площадь облучаемой поверхности, на которую падает поток и по которой он равномерно распределяется.

Плотность излучения, Вт/м²

$$M_e = \frac{d\Phi_e}{dS_v}, \quad (1.10)$$

где dS_v – площадь поверхности излучающего тела, в пределах которой излучение можно считать равномерным.

Интегральная чувствительность приемника излучения:

$$q = C \frac{Q_{\alpha}}{Q_e}, \quad (1.11)$$

где C – переводной коэффициент;

Q_{α} – энергия, поглощенная и преобразованная приемником;

Q_e – падающая на приемник лучистая энергия.

Спектральная чувствительность приемника излучения

$$q_{\lambda} = C \frac{Q_{\alpha}}{Q_{e\lambda}}, \quad (1.12)$$

где $Q_{e\lambda}$ – падающая на приемник лучистая энергия монохроматического излучения.

Относительная спектральная чувствительность приемника:

$$K = \frac{q_{\lambda}}{q_{\lambda\max}}, \quad (1.13)$$

где $q_{\lambda\max}$ – максимальная спектральная чувствительность приемника.

Эффективный поток

$$\Phi_{\text{эфф}} = q_{\lambda\max} \int_0^{\infty} \varphi(\lambda) K(\lambda) d\lambda, \quad (1.14)$$

или для однородного излучения

$$\Phi_{\text{эфф}} = q_{\lambda\max} \sum_{i=1}^n K(\lambda) \Phi_{e\lambda i}. \quad (1.15)$$

Для видимого (светового) излучения $q_{\lambda\max} = 680$ лм/Вт при длине волны излучения $\lambda = 555$ нм.

Световой поток $\Phi_{\alpha_1-\alpha_2}$, в пределах телесного угла $\Delta\varpi_{\alpha_1-\alpha_2}$

$$\Phi_{\alpha_1-\alpha_2} = (I_\alpha)_{\text{cp}} \Delta\varpi_{\alpha_1-\alpha_2}, \quad (1.16)$$

где $(I_\alpha)_{\text{cp}}$ – среднее значение силы света для рассматриваемого телесного угла.

Для телесного угла, ограниченного зональными углами α_1 и α_2 уравнение (1.16) может быть представлено в виде:

$$\Phi_{\alpha_1-\alpha_2} = 2\pi(I_\alpha)_{\text{cp}} (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2). \quad (1.17)$$

Освещенность в точке М горизонтальной плоскости (рисунок 1.1) определяют по формуле:

$$E_M = \frac{I_\alpha \cos \beta}{l^2} = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{h^2}, \quad (1.18)$$

где I_α – сила точечного излучателя в направлении точки М.

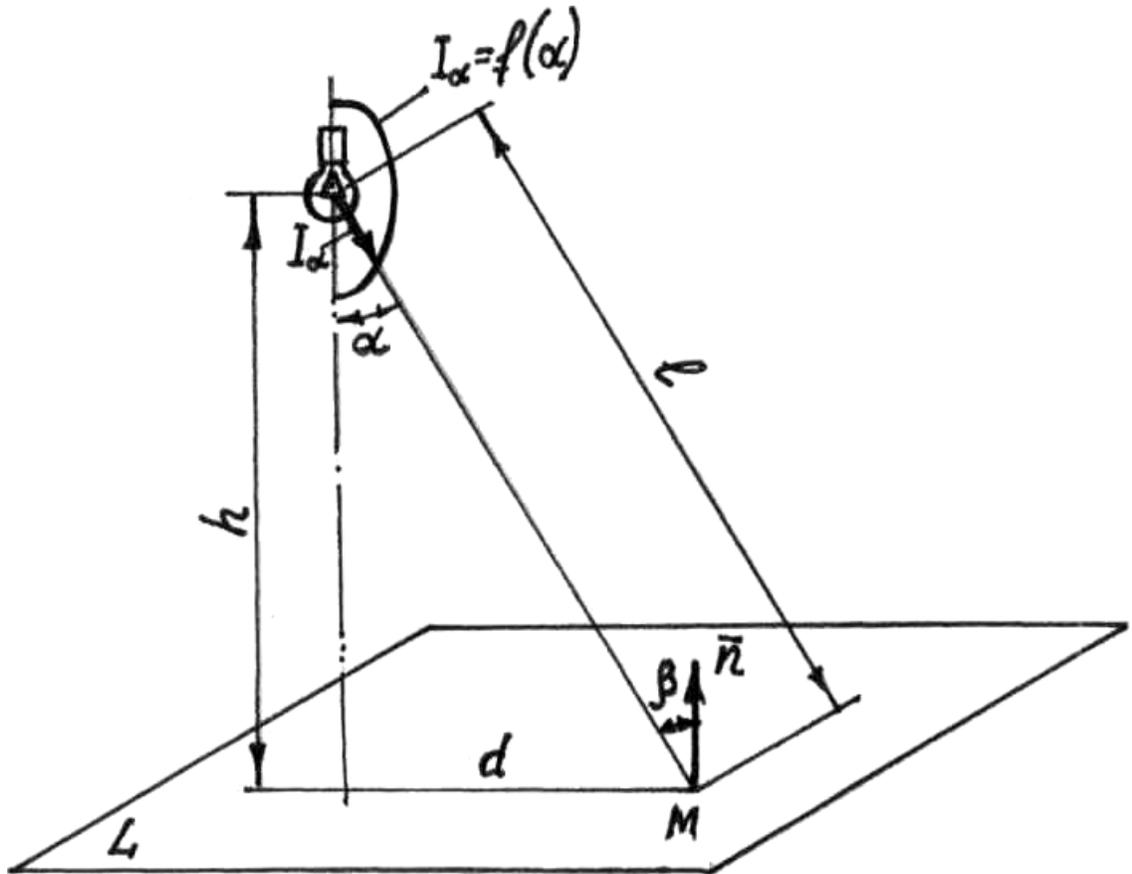


Рисунок 1.1 К расчету зависимости между E_M и I_α

Освещенность E_c в точке C наклонной плоскости θ (рисунок 1.2) может быть выражена через освещенность горизонтальной плоскости следующим образом:

$$E_c = E_r \left(\cos \theta \pm \frac{P}{h} \sin \theta \right), \quad (1.19)$$

где E_r – освещенность элемента поверхности горизонтальной плоскости L в точке C (знак «минус» при условии $\theta > \frac{\pi}{2} + \alpha$).

Исходные данные

Для заданного варианта исходных данных (вариант задается преподавателем) решить следующие задачи.

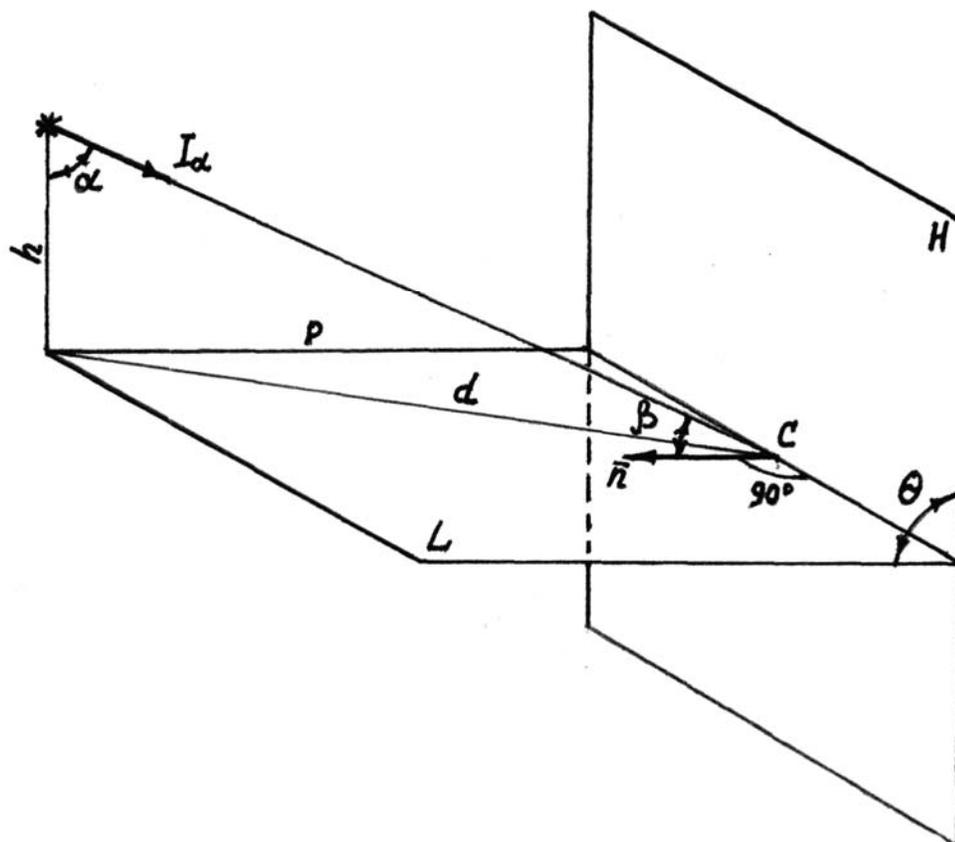


Рисунок 1.2 К расчету освещенности на вертикальной плоскости

Задача 1.1

Источник оптического излучения излучает в пространство лучистый поток, спектральное распределение которого приведено в таблице 1.2.

Таблица 1.2 Варианты исходных данных

Вариант	Номер однородного излучения, i									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Длина волны излучения λ , нм / Мощность однородного излучения Φ , Вт									
1	250/7.4	320/5.2	390/12.1	450/10.2	500/0.5	580/5.3	650/4.5	720/3.6	800/4.2	950/4.8
2	280/13.5	300/14.0	400/10.5	460/8.2	550/0.3	600/3.5	700/3.0	740/3.0	900/4.0	1000/10
3	230/7.5	310/10.5	410/8.3	470/9.2	530/0.9	590/0.3	690/5.3	710/3.1	870/3.2	1100/9.1
4	240/3.0	320/8.4	400/9.5	460/3.3	540/1.2	600/0.5	680/4.2	730/0.3	850/3.1	980/3.2
5	215/2.0	330/9.2	420/10.3	470/4.8	550/0.1	610/0.2	700/1.3	740/0.9	880/4.2	950/8.1
6	200/1.5	340/7.5	400/8.3	480/3.6	560/0.2	620/0.3	690/2.3	750/0.3	890/7.1	980/7.2
7	210/7.8	350/6.8	410/9.2	490/3.1	520/0.3	580/0.1	700/2.1	740/0.8	900/3.2	1000/8.1
8	260/3.2	360/9.2	420/8.9	470/2.8	540/0.6	600/0.2	660/3.2	750/0.9	800/3.1	1100/7.2
9	290/4.5	370/4.0	400/5.6	480/3.2	550/0.1	610/0.1	670/3.8	730/1.3	810/3.6	1200/8.1
10	280/3.6	310/4.2	410/8.3	490/3.1	510/0.3	620/0.3	700/1.8	740/0.3	820/4.1	1000/7.2
11	250/3.5	320/4.8	400/2.8	480/2.8	520/0.2	600/0.1	680/1.3	750/0.9	830/3.8	980/8.1
12	240/4.5	300/10.0	390/9.5	440/3.9	530/0.1	600/0.2	670/0.9	730/1.2	840/4.1	970/3.1
13	250/7.3	310/10.0	400/10.2	450/5.5	540/0.1	610/0.3	680/1.3	740/0.8	850/5.2	960/4.2
14	270/8.2	315/4.9	390/8.3	470/6.3	550/0.1	630/0.2	710/1.2	750/0.9	860/6.2	970/4.2
15	230/3.6	325/10.2	410/9.2	460/5.8	550/0.7	620/0.1	700/1.3	740/0.9	870/9.1	980/4.7
16	270/4.0	305/8.4	420/9.3	450/6.3	510/0.3	630/0.1	690/0.3	730/1.3	880/9.9	970/4.3
17	260/3.5	310/9.2	400/8.5	470/8.1	520/0.2	620/0.2	680/0.9	740/0.7	890/1.2	920/3.6
18	200/1.8	315/8.7	410/9.3	480/9.2	530/0.1	610/0.1	700/0.3	50/11.2	900/1.8	1000/7.2
19	210/2.3	290/3.2	420/8.3	460/3.5	540/0.2	630/0.3	690/0.8	730/9.2	890/4.2	1100/3.1
20	250/3.1	310/4.8	400/2.8	470/3.1	550/0.1	640/0.2	700/0.8	40/10.1	830/5.1	980/4.2
21	290/4.0	315/3.2	410/10.2	480/2.5	520/0.2	600/0.1	680/0.8	50/9.2	840/6.2	970/3.6
22	240/5.0	320/4.8	400/8.3	490/3.2	530/0.1	610/0.3	690/0.3	740/8.7	850/7.2	950/4.1
23	230/6.0	300/5.2	390/9.2	450/4.4	540/0.1	620/0.2	640/0.3	750/7.8	860/8.1	970/3.6
24	230/7.5	310/6.4	390/9.8	440/3.9	550/0.1	640/0.3	680/0.8	730/9.2	870/3.2	980/4.1
25	220/4.8	330/5.8	410/3.3	460/1.2	510/0.2	600/0.2	690/0.7	750/12	800/1.9	930/3.2
26	200/9.2	300/7.4	400/3.2	450/1.5	500/2.8	530/14	580/12	600/10	700/0.5	900/12

Необходимо:

а) определить энергию квантов излучения с длинами волн $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_{ni}$, построить график зависимости энергии кванта от длины волны и выяснить, к какой области спектра электромагнитных колебаний относится это излучение;

б) определить массу фотона излучения при длине волны λ_6 ;

в) определить мощность источника излучения;

г) определить среднюю силу I_e и плотность M_e излучений этого источника, если его светящееся тело имеет шаровую поверхность диаметром $d = 6$ мм;

д) определить световой поток этого источника и освещенность, создаваемую им на поверхности сферы диаметром $D = 1$ м (принять распределение потока в пространстве равномерным);

е) определить световой поток данного источника.

Задача 1.2

Рассчитать освещенность в точке М горизонтальной плоскости (рисунок 1.1) и в точке С наклонной плоскости (рисунок 1.2). Тип светильника и исходные данные для расчета принять по таблице 1.3.

Определить полный световой поток и КПД светильника.

Таблица 1.3 Варианты исходных данных

Вариант	Тип светильника	Тип КСС	h, м	d, м	p, м	θ , град
1	НСП21-100	Д2	2,1	0,9	0,5	65
2	НСП02-60	М	3,2	1,5	1,2	35
3	НСП11-500	Д1	2,5	1,2	0,8	25

Окончание таблицы 1.3

Вариант	Тип светильника	Тип КСС	h, м	d, м	p, м	θ , град
4	НСП17-200	Л	1,8	1,8	1,5	45
5	НСП17-500	Г3	2,4	0,2	0,1	15
6	НСП20-500	Д3	3,5	3,0	1,4	10
7	Н4БН-300М	Г1	1,7	1,2	0,8	15
8	ЖСП01-400	К2	2,4	2,8	1,8	20
9	РСП05-400	Г1	3,3	0,4	0,2	25
10	РСП08-400	К1	2,5	1,4	0,7	30
11	ЖСП20-250	Д2	2,5	1,8	0,8	35
12	РСП20-400	Д3	4,0	1,2	1,2	40
13	РСП15-400	Г1	3,5	2,0	1,1	45
14	РСП17-400	Г2	2,0	1,5	1,3	50
15	НСП04-200	М	2,0	1,0	0,3	55
16	НСП22-500	Д2	2,8	1,4	2,2	60
17	НПП23-100	Д1	2,6	0,8	1,3	65
18	ВЗГ-100А	Д1	3,2	0,4	0,6	70
19	ВЗГ-200АМ	Д2	3,0	2,8	0,4	75
20	РСП04-400	Л	2,5	1,3	2,0	35
21	РСП05-700	Д3	3,3	1,8	1,0	45
22	РСП11-400	М	3,5	1,7	0,9	25
23	ГСП14-700	Г3	1,8	2,5	1,6	55
24	ГСП15-400	Г1	2,8	3,2	2,0	65
24	ЖСП17-400	К2	3,4	2,0	1,2	25
26	РСП05-250	Г2	3,0	2,2	1,0	10

Методика расчета

Задача 1.1

1. Энергию квантов источника излучения с различными длинами волн определяем по формуле (1.2) с учетом (1.1) и результаты расчетов представим в виде таблицы 1.4.

В декартовых координатах (ось абсцисс – λ_i , ось ординат – Q_e) строим зависимость энергии кванта излучения от длины волны.

Таблица 1.4 Результаты расчета энергии и область спектра излучения

Номер излучения, i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ_i , нм										
Q_e , Дж										
Область спектра ОИ										

2. Пользуясь данными (таблица 1.1) определяем области спектра электромагнитных колебаний, к которым это излучение относится. Результаты заносим в таблицу 1.4.

3. Массу фотона излучения определяем по формуле (1.3).

4. Мощность (полный поток) источника излучения определяем по формуле (1.7).

5. Приняв распределение полного потока в пространстве равномерным, а телесный угол сферы равным 4π , определяем силу излучателя по формуле (1.8).

6. Плотность излучения источника при площади его поверхности S_v равной πd^2 , определяем по формуле (1.10).

7. Пользуясь таблицей 1.5 относительной спектральной эффективности излучения $K(\lambda)$, по формуле (1.15) определяем световой поток источника.

Таблица 1.5 Относительные спектральные световые
эффективности излучения $K(\lambda)$ и $K'(\lambda)$

Длина волны, $\lambda, \text{нм}$	Дневное зрение $K(\lambda)$	Ночное зрение $K'(\lambda)$	Длина волны, $\lambda, \text{нм}$	Дневное зрение $K(\lambda)$	Ночное зрение $K'(\lambda)$
1	2	3	4	5	6
380	0,0000	0,000589	590	0,757	0,0685
390	0,0001	0,002209	600	0,631	0,03315
400	0,0004	0,00929	610	0,503	0,01593
410	0,0012	0,03489	620	0,381	0,00737
420	0,0040	0,0968	630	0,265	0,003335
430	0,0116	0,1998	640	0,175	0,001497
440	0,023	0,3281	650	0,107	0,000677
450	0,038	0,455	660	0,061	0,0003129
460	0,060	0,567	670	0,032	0,0001480
470	0,091	0,676	680	0,017	0,0000715
480	0,139	0,793	690	0,0082	0,0000353
490	0,208	0,904	700	0,0041	0,0000178
500	0,323	0,982	710	0,0021	0,0000091
510	0,503	0,997	720	0,00105	0,0000048
520	0,710	0,935	730	0,00052	0,0000025
530	0,862	0,811	740	0,00025	0,0000014
540	0,954	0,650	750	0,00012	0,0000008
550	0,995	0,481	760	0,00006	0,0000004
560	0,995	0,3288	770	0,00003	0,0000002
570	0,952	0,2076	780	0,000015	0,0000001
580	0,870	0,1212			

8. Освещенность сферы от данного источника определяем по формуле (1.9) с учетом того, что ее площадь $S = \pi D^2$.

Задача 1.2

1. Для определения освещенности в точке М горизонтальной плоскости (представить рисунок) необходимо найти угол α и значение силы света в направлении угла α . Из геометрии известно, что $\alpha = \operatorname{arctg} \frac{d}{h}$.

Из типовых кривых силы света (см. таблицу 1.6) для заданного типа светильника, определяем значение силы света в направлении угла α .

Таблица 1.6 Аппроксимация типовых кривых силы света светильников

Тип КСС	Значение силы света типовых кривых	Тип КСС	Значение силы света типовых кривых
К1	$1192 \cos(2,042 \alpha_{ij})$	Д2	$333,5 \cos(1,0374 \alpha_{ij})$
К2	$1583 \cos(2,3683 \alpha_{ij})$	Д3	$377,3 \cos(2,7471 \alpha_{ij})$
К3	$2120 \cos(2,7471 \alpha_{ij})$	М	159,2
Г1	$503 \cos(1,2928 \alpha_{ij})$	Ш1	$154,8 \left[\frac{\cos \alpha_{ij}}{(70^\circ \sin^{1,2} 1,66 \alpha_{ij})} \right]$
Г2	$670,7 \cos(1,5109 \alpha_{ij})$	Ш2	$119,68 \left[\frac{\cos \alpha_{ij}}{(78,3^\circ \sin^{1,4} 1,39 \alpha_{ij})} \right]$
Г3	$894,2 \cos(1,7582 \alpha_{ij})$	Ш3	$78,3 \left[\frac{\cos \alpha_{ij}}{(84,4^\circ \sin^{1,5} 1,2 \alpha_{ij})} \right]$
Д1	$234,4 \cos(0,7841 \alpha_{ij})$		

Так как типовые кривые силы света светильников построены для потока источника в 1000 лм, то определяем действительную силу света $I_{\alpha \text{ реал}}$ для заданного светильника, имеющего конкретную лампу. Поток лампы $\Phi_{\text{л}}$ определяем из [3, таблицы П.2.2 – таблицы П.2.4].

Делая пропорциональный пересчет, получим:

$$I_{\alpha \text{ реал}} = I_{\alpha} \frac{\Phi_{\text{л}}}{1000}.$$

Тогда освещенность в точке М определяем по формуле (1.18).

2. Освещенность в точке С наклонной плоскости (представить рисунок) определяем по формуле (1.19).

1.2 РАСЧЕТ БАЛЛАСТНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ И ВЫБОР ПУСКОРЕГУЛИРУЮЩИХ АППАРАТОВ ГАЗОРАЗРЯДНЫХ ЛАМП

Цель занятия

Изучить процесс дугового разряда и освоить методику расчета балластного сопротивления и выбора пускорегулирующего аппарата (ПРА) газоразрядных ламп.

Контрольные вопросы

1. Возможна ли работа дугового электрического разряда в газовом промежутке без балластного сопротивления?
2. Дайте объяснение условию стабильной работы газоразрядной лампы.
3. С какой целью при расчете величины балластного сопротивления вводится угол ψ ?
4. Каковы недостатки схем с активным балластным сопротивлением?
5. Чем объяснить, что при активном балластном сопротивлении коэффициент мощности меньше единицы?

Литература: [1, 2].

Расчетные формулы

Газоразрядные лампы низкого и высокого давления работают в режиме дугового разряда когда плотность тока на электродах достигает несколько десятков А/см². Вольтамперная характеристика (ВАХ) такого разряда, во-первых, нелинейная, а во-вторых, имеет падающий вид. Нелинейность характеристики объясняется непостоянством динамического сопротивления для любой точки характеристики:

$$R_{дин} = \frac{dU}{dI} \quad (2.1)$$

и падающий вид – тем, что это сопротивление отрицательно.

ВАХ дугового разряда (1) и активного сопротивления (2) приведены на рисунке 2.1.

Рассмотрим особенность включения газового промежутка в режиме дугового разряда в сеть. Предположим, что на газовый промежуток (лампу) подается постоянное напряжение, U_c и разряд горит в точке А. Поскольку лампа включена в сеть без дополнительных устройств, то очевидно (по закону Кирхгофа) при устойчивом разряде должно соблюдаться равенство

$$U_c = U_{л} \quad \text{или} \quad U_c - U_{л} = 0. \quad (2.2)$$

В процессе разряда проводимость газового промежутка увеличивается, что ведет к увеличению плотности тока. Предположим, что ток возрос до величины I_1 . В этом случае нарушаются оба равенства:

$$U_c > U_{л}; \quad \Delta U = U_c - U_{л} > 0, \quad (2.3)$$

положительный избыток напряжения ΔU на зажимах лампы приведет к дальнейшему приращению тока и т.д., что приведет к разрушению лампы (рисунок 2.2).

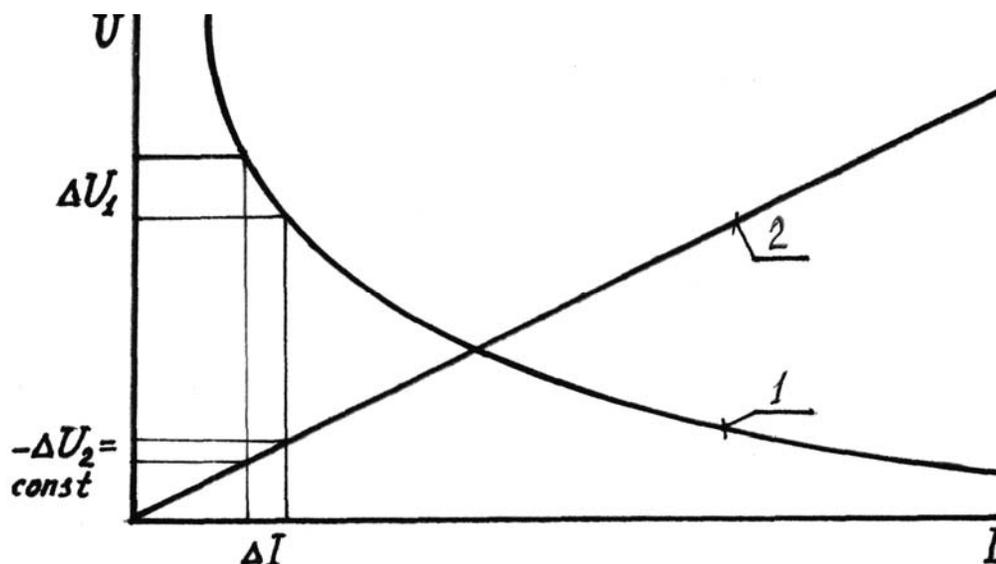


Рисунок 2.1 Вольтамперная характеристика дугового разряда (1) и активного сопротивления (2)

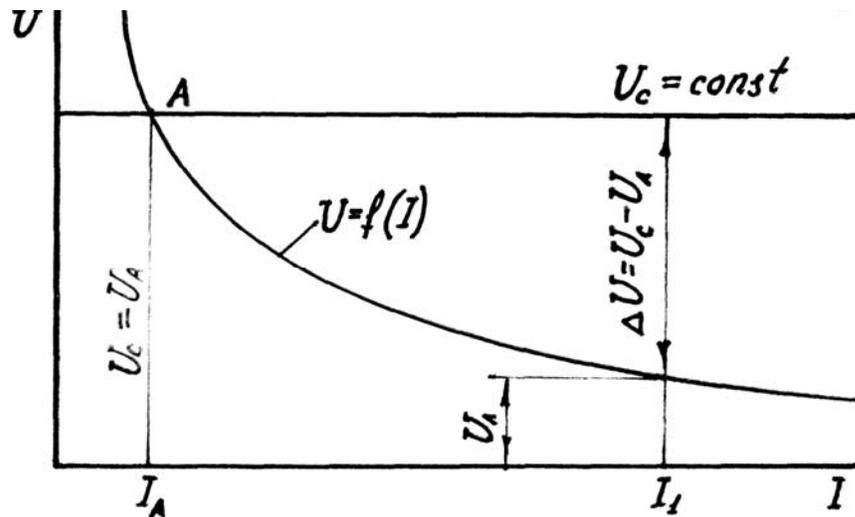


Рисунок 2.2 Включение лампы в сеть без дополнительного сопротивления

Поэтому необходимо стабилизировать разряд. Для чего последовательно в цепь лампы включают балластное сопротивление (рисунок 2.3).

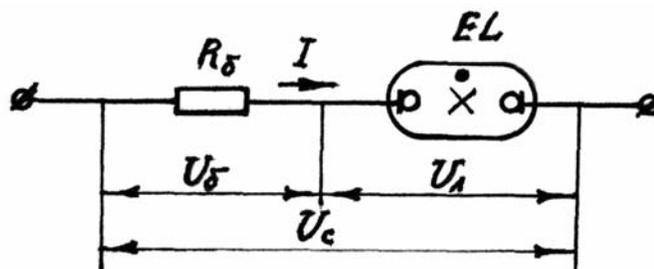


Рисунок 2.3 Включение газоразрядной лампы последовательно с активным сопротивлением

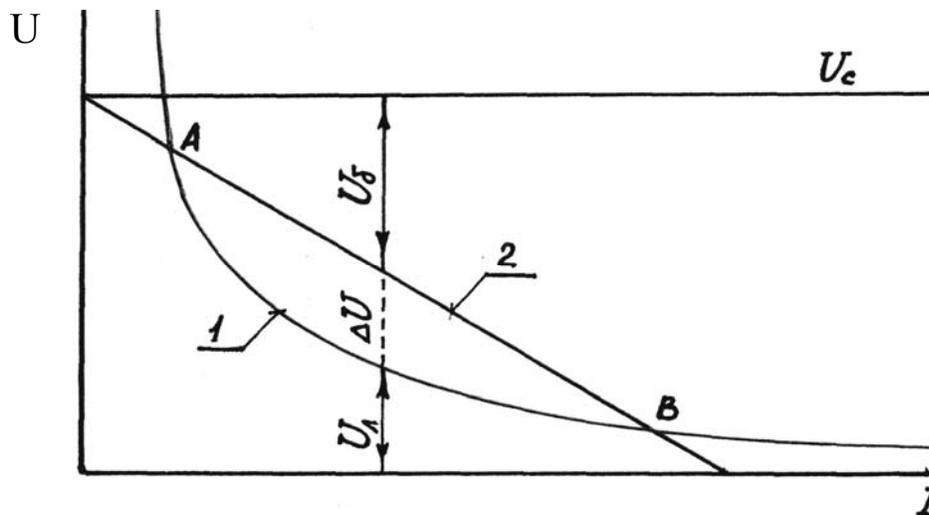


Рисунок 2.4 Вольтамперная характеристика дугового разряда лампы с включенным последовательно балластным сопротивлением

Тогда ВАХ дугового разряда (1) (рисунок 2.4) и разность напряжения сети и падения напряжения на балластном сопротивлении в функции тока $(U_c - U_{\phi}) = f(I)$ – (2), зависимость, обратная ВАХ балластного активного сопротивления. Тогда по второму закону Кирхгофа:

$$U_c = IR_{\phi} + U_{\lambda}. \quad (2.4)$$

Это условие выполняется в точках А и В.

Устойчивый же режим будет в тех точках, для которых с увеличением тока сумма падений напряжения на лампе и на балластном сопротивлении превышает напряжение питания, т.е. $U_{\phi} + U_{\lambda} > U_c$ или $U_{\phi 1} + U_{\lambda} > U_c$. После дифференцирования этого выражения по току получим:

$$R_{\phi} + \frac{dU_{\lambda}}{dI} > 0. \quad (2.5)$$

Выражение (2.5) является критерием устойчивости.

Поскольку $R_{\text{дин}} = \frac{dU}{dI}$, то критерий устойчивости предполагает превышение R_{ϕ} по абсолютной величине над динамическим сопротивлением разряда в точке пересечения характеристик $R_{\phi} - R_{\text{дин}} > 0$, или большой наклон прямой 2 по сравнению с кривой 1. Для графика устойчивый режим будет в точке В, так как при дальнейшем нарастании тока на зажимах лампы не возникнет положительный избыток напряжения ΔU , то есть будет соблюдаться условие $U_{\phi} + U_{\lambda} \geq U_c$.

Расчет действующих значений напряжения и тока на элементах схемы газоразрядной лампы осложняется тем, что кривые тока и напряжения на лампе и балластном сопротивлении при работе на низкой частоте синусоидального напряжения сети не являются синусоидальными. Поэтому для расчетов, строго говоря, нельзя использовать математический аппарат, хорошо разработанный для переменных токов синусоидальной формы (векторные и круговые диаграммы).

Расчет величины балластного сопротивления удобнее всего вести методом построения круговой диаграммы (рисунок 2.5). В правой части рисунка строится вольтамперная характеристика газоразрядной лампы, а в левой – векторная диаграмма напряжений и тока в схеме лампы, построенных для эквивалентных синусоид. Согласно выражению (2.4), точка В векторной диаграммы при изменении напряжения на лампе будет перемещаться по дуге АСВО, хордой которой является вектор напряжения сети \vec{U}_c . При этом величина угла α между векторами напряжения на лампе и на балласте остается постоянной и равной:

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \psi + \delta. \quad (2.7)$$

Зная величины U_c и α , по хорде и противолежащему углу строят дугу АСВО (рисунок 2.5) следующим образом. Из конца вектора \vec{U}_c

под углом $\beta = \frac{\pi - (2\pi - \alpha)}{2}$ (*активный балласт*)

$$\text{и } \beta = \frac{\pi - \alpha}{2} \quad (\text{индуктивный балласт}) \quad (2.8)$$

проводят прямую АС до пересечения с перпендикуляром ОС, проведенным через середину вектора \vec{U}_c . Из середины отрезка АС возводят перпендикуляр до пересечения с прямой O_1C . Получают точку O_2 – центр окружности круговой диаграммы. Затем по вольтамперной характеристике лампы определяют величину напряжения на лампе $U_{л}$ при номинальном токе $I_{н}$. Полученная величина напряжения $U_{л}$ сносится циркулем на дугу АСВО, как показано на рисунке 2.5, чем определяется направление вектора $\vec{U}_{л}$. Соединяя между собой точки А и В, получаем вектор напряжения на балластном сопротивлении $\vec{U}_{б}$. Направление вектора тока определяем по углу λ между векторами $\vec{U}_{б}$ и $\vec{I}_{н}$

$$\lambda = \frac{\pi}{2} - \delta. \quad (2.9)$$

Зная величины $U_{б}$ и $I_{н}$, можно определить величину сопротивления

$$\text{балласта} \quad z = \frac{U_{б}}{I_{н}}. \quad (2.10)$$

Применение активного балласта для стабилизации разряда связано с большими потерями в балласте, имеют место большие паузы тока и светового потока, усиливающие стробоскопический эффект, уменьшается срок службы ламп. В силу этого для стабилизации применяют индуктивное сопротивление – дроссель, главное преимущество которого заключается в меньших потерях энергии и в возможности создания импульса пониженного напряжения для зажигания лампы. К недостаткам дросселей следует отнести сравнительно большую массу, размеры и низкий коэффициент мощности установки. Применение емкости для стабилизации разряда не может быть рекомендовано, так как в этом случае возникают большие броски тока при каждом повторном зажигании и большие темповые паузы, что очень влияет на срок службы ламп.

Обычно газоразрядные лампы включают в сеть с помощью специальной пускорегулирующей аппаратуры, оформленной в виде единого аппарата. Выбор ПРА производят из таблицы 2.1 в зависимости от схемы включения, количества подключенных ламп, их мощности, напряжения питания и конструктивного выполнения.

Порядок расчета балластного сопротивления следующий:

- в первом квадранте строят в масштабе вольтамперную характеристику разрядной лампы;
- влево по оси абсцисс откладывают в масштабе напряжений напряжение сети;
- задаются углом сдвига фаз ψ между векторами тока и напряжения на лампе для эквивалентных синусоид;
- по формуле (2.7) вычисляют угол α между векторами напряжения на лампе и на балласте;
- строят дугу окружности круговой диаграммы;

Таблица 2.1 Электрические параметры стартерных пускорегулирующих аппаратов для люминесцентных ламп

Тип аппарата	Мощность лампы, Вт	Ток, А	$\cos \varphi$
2УБИ-15/220-ВПП-800, 810 2УБЕ-15/220-ВПП-800, 810	15	0,33	0,50
1УБИ-22к/220-ВПП-800, 802	22	0,38	0,35
1УБИ-32к/220-ВПП-800, 802 1УБЕ-32к/220-ВПП-800, 802	32	0,41	0,45
2УБИ-20/220-ВПП-800, 802 2УБЕ-20/220-ВПП-800, 802	20	0,37	0,55
1УБИ-30/220-ВПП-800, 802 1УБЕ-30/220-ВПП-800, 802	30	0,36	0,50
1УБИ-40/220-ВПП-800, 802 1УБЕ-40/220-ВПП-810, 812	40	0,43	
1УБЕ-40/220-ВПП-800, 802 1УБЕ-40/220-ВПП-810, 812			
1УБИ-8/127-ВПП-900, 910 1УБЕ-8/127-ВПП-900, 910	8	0,17	0,50
1УБИ-13/127-ВПП-900, 910 1УБЕ-13/127-ВПП-900, 910	13	0,175	
1УБИ-15/127-ВПП-900, 910 1УБЕ-15/127-ВПП-900, 910	15	0,33	
1УБИ-20/127-ВПП-900, 910 1УБЕ-20/127-ВПП-900, 910	20	0,37	
1УБИ-30/220-ВПП-900, 902 1УБЕ-30/220-ВПП-900, 902	30	0,36	
2УБИ-20/220-ВПП-900, 910 2УБЕ-20/220-ВПП-900, 910	20	0,37	
1УБИ-40/220-ВПП-900, 902 1УБЕ-40/220-ВПП-900, 902	40	0,43	0,50

Продолжение таблицы 2.1

Тип аппарата	Мощность лампы, Вт	Ток, А	$\cos \varphi$
1УБИ-80/220-ВПП-900, 902 1УБЕ-80/220-ВПП-900, 902	80	0,865	0,50
1УБИ-20/220-ВПП-110, 111 2УБИ-20/220-ВПП-100, 110 2УБЕ-20/220-ВПП-100, 110	20	0,37	0,50 0,60 0,50
1УБИ-30/220-ВПП-100, 110 1УБЕ-30/220-ВПП-100, 110	30	0,36	0,45
1УБИ-40/220-ВПП-100, 110 1УБЕ-40/220-ВПП-100, 110	40	0,43	0,50
1УБИ-65/220-ВПП-100, 110 1УБЕ-65/220-ВПП-100, 110	65	0,67	0,50
2УБИ-4/220-ВПП-050 2УБЕ-4/220-ВПП-050	4	0,15 0,16	0,35
2УБИ-6/220-ВПП-050 2УБЕ-6/220-ВПП-050	6	0,15 0,16	0,45
2УБИ-8/220-ВПП-050 2УБЕ-8/220-ВПП-050	8	0,17 0,18	0,50
1УБИ-13/220-ВПП-050 1УБЕ-13/220-ВПП-050	13	0,175 0,185	0,45
2УБИ-20/220-ВПП-070 2УБЕ-20/220-ВПП-070	20	0,37	0,50
1УБИ-40/220-ВПП-070 1УБЕ-40/220-ВПП-070	40	0,43	0,50
1УБИ-15/127-ВП-051 1УБЕ-15/127-ВП-051	15	0,33	0,50
1УБИ-20/127-ВП-051 1УБЕ-20/127-ВП-051	20	0,37	0,50

Продолжение таблицы 2.1

Тип аппарата	Мощность лампы, Вт	Ток, А	$\cos \varphi$
1УБИ-40/220-ВП-051 1УБЕ-40/220-ВП-051	40	0,43	0,50
1УБИ-40/220-ВП-580 1УБЕ-40/220-ВП-580			
1УБИ-40/220-ВП-581 1УБЕ-40/220-ВП-581	40	0,43	0,50
1УБИ-80/220-ВП-590 1УБЕ-80/220-ВП-590 1УБИ-80/220-ВП-591 1УБЕ-80/220-ВП-591	80	0,865	0,50
1УБИ-4/110-ВП-003 1УБЕ-4/110-ВП-003	4	0,15	0,40
1УБИ-6/110-ВП-003 1УБЕ-6/110-ВП-003	6	0,15	0,50
1УБИ-8/110-ВП-003 1УБЕ-8/110-ВП-003	8	0,17	0,55
1УБИ-15/110-ВП-003 1УБЕ-15/110-ВП-003	15	0,33	0,55
1УБИ-20/110-ВП-003 1УБЕ-20/110-ВП-003	20	0,37	0,55
1УБИ-80/220-ВП-200, 201 1УБЕ-80/220-ВП-200, 201	80	0,865	0,50
1УБИ-80/220-ВП-210, 211 1УБЕ-80/220-ВП-210, 211	80	0,865	0,50
1УБИ-80/220-ВП-700, 701 1УБЕ-80/220-ВП-700, 701	80	0,865	0,50
1УБИ-80/220-ВП-710, 711 1УБЕ-80/220-ВП-710, 711	80	0,865	0,50

Окончание таблицы 2.1

Тип аппарата	Мощность лампы, Вт	Ток, А	$\cos \varphi$
1УБИ-15/127-ВПП-090, 091	15	0,33	0,45
1УБЕ-20/127-ВПП-090, 091	20	0,37	0,45
1УБИ-30/220,230,240-ВПП-090,091,093,094	30	0,36	0,45
1УБИ-40/220,230,240-ВПП-090,091,093,094 1УБЕ-40/220,230,240-ВПП-090,091,093,094	40	0,43	0,50
1УБИ-80/220,230,240-ВПП-090,091,093,094 1УБЕ-80/220,230,240-ВПП-090,091,093,094	80	0,865	0,50

- для заданного значения номинального тока лампы из вольтамперной характеристики определяют величину напряжения на лампе;
- полученную величину напряжения на лампе сносят циркулем на дугу круговой диаграммы и определяют направление вектора напряжения на лампе;
- соединив конец вектора напряжения на лампе с концом вектора напряжения сети, определяют направление вектора напряжения на балласте, а с учетом принятого масштаба напряжения – и его величину;
- по формуле (2.10) вычисляют величину сопротивления балласта;
- по формуле (2.9) рассчитывают угол между векторами тока и напряжения на балласте и определяют направление вектора тока.

Исходные данные

Задача 2.1

Для газоразрядной лампы мощностью P , Вт, типичная вольтамперная характеристика которой приведена на рисунке 2.6, определить величину индуктивного и активного балласта для стабилизации дугоразряда при включении лампы в сеть напряжением U_c . Величину исходных данных принять по таблице 2.2 для заданного преподавателем варианта. Произвести выбор ПРА для заданной газоразрядной лампы.

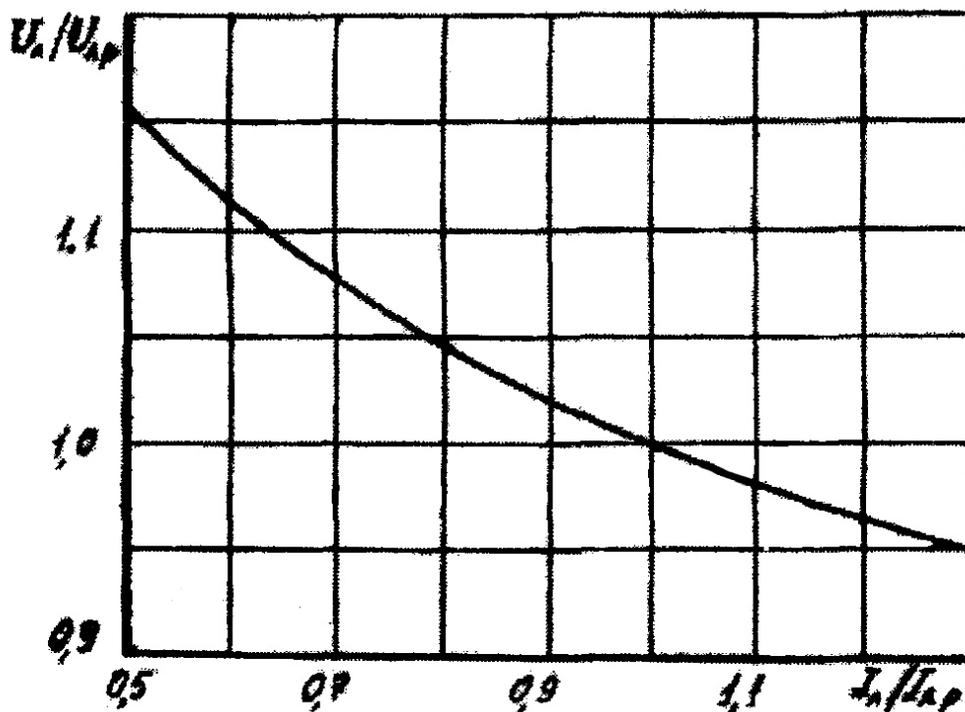


Рисунок 2.6 Типичная вольтамперная характеристика газоразрядной лампы

Таблица 2.2 Варианты исходных данных к задаче 2.1

№ варианта	Исходные данные				№ варианта	Исходные данные			
	Мощность $P_{л}, \text{Вт}$	Напряжение $U_c, \text{В}$	Номин. ток лампы $I_{л.р.}, \text{А}$	Номин. напряжение $U_{л.р.}, \text{В}$		Мощность $P_{л}, \text{Вт}$	Напряжение $U_c, \text{В}$	Номин. ток лампы $I_{л.р.}, \text{А}$	Номин. напряжение $U_{л.р.}, \text{В}$
1	40	220	0,38	110	14	15	220	0,30	50
2	15	220	0,33	50	15	20	220	0,32	66
3	20	220	0,37	60	16	30	220	0,30	106
4	30	220	0,36	80	17	40	220	0,35	118
5	40	220	0,48	90	18	65	220	0,60	110
6	65	220	0,67	100	19	80	220	0,95	92
7	80	220	0,86	95	20	8	127	0,20	45
8	15	127	0,33	56	21	15	127	0,25	63
9	20	127	0,37	58	22	20	127	0,30	68
10	8	127	0,17	52	23	15	220	0,28	59
11	15	127	0,38	42	24	20	220	0,35	63
12	20	127	0,40	55	25	30	220	0,40	78
13	8	127	0,20	45	26	40	220	0,42	103

Методика расчета

Произведем расчет для 26 варианта.

1. По исходным данным для заданного варианта (таблицы 2.2) и типичной вольтамперной характеристике (рисунок 2.6) строим вольт-амперную характеристику заданной лампы в первом квадранте (см. рисунок 2.7). Принимаем масштаб напряжения и тока $m_U=20 \text{ В/см}$, $m_I=0,1 \text{ А/см}$.

2. Влево по оси абсцисс откладываем вектор напряжения сети U_c в масштабе m_U .

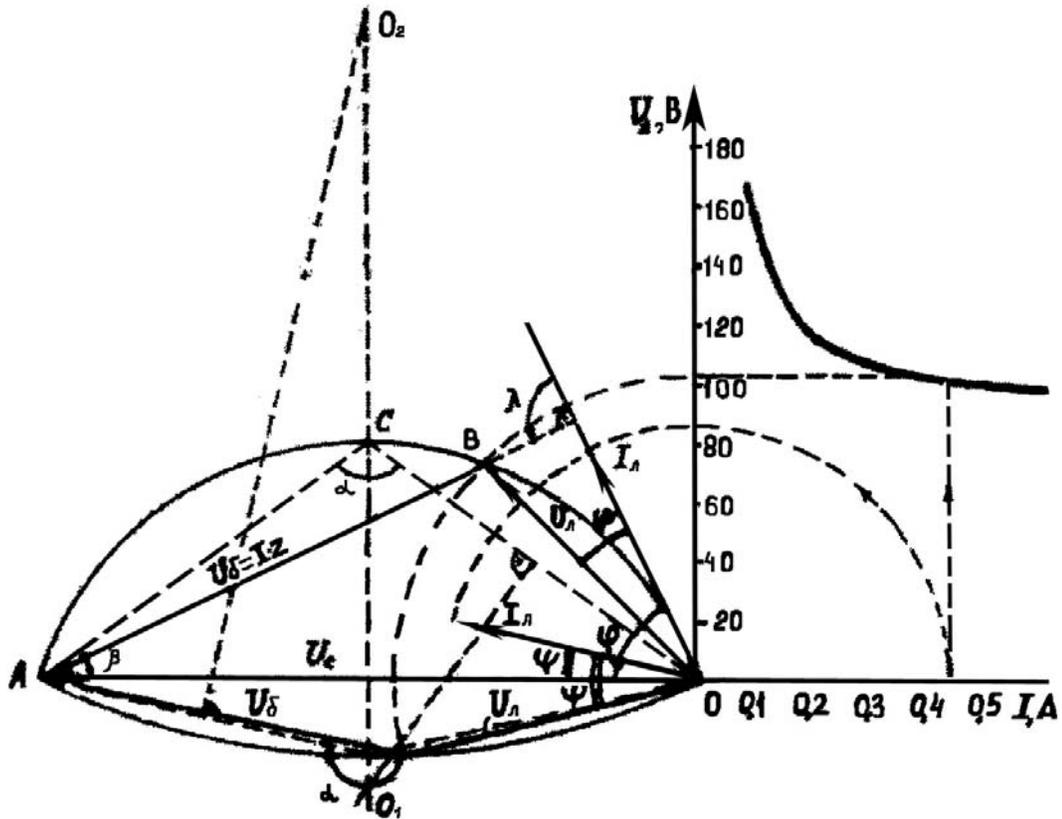


Рисунок 2.7 К расчету балластного сопротивления для стабилизации дугового разряда

3. Задаемся углом сдвига фаз между вектором тока и напряжения на лампе $\varphi=15^\circ$.

4. Определяем угол между векторами напряжения на лампе и на балласте по формуле (2.7). $\alpha = 90 + 15 + 0 = 105^\circ$.

5. Определяем центр окружности круговой диаграммы. Для чего рассчитываем угол β по формуле (2.8)

$$\beta = \frac{180 - \alpha}{2} = \frac{180 - 105}{2} = 37,5^\circ;$$

и проводим прямую ОС под углом β к вектору напряжения сети \vec{U}_c до пересечения с перпендикуляром, проходящим через середину вектора \vec{U}_c . Возводим перпендикуляр к середине вектора \vec{U}_c . Возводим перпендикуляр к середине отрезка ОС до пересечения с перпендикуляром, проходящим через середину вектора \vec{U}_c , получаем точку O_1 – центр окружности круговой диаграммы.

6. По заданному значению тока на лампе $I_{л.р.}$ определяем значение напряжения на лампе $U_{л.р.}$ из вольтамперной характеристики. Циркулем сносим это напряжение до пересечения с окружностью круговой диаграммы, получаем точку В. Соединив точку В с точками А и O_2 получаем соответственно векторы напряжения на балласте \overline{U}_6 и на лампе $\overline{U}_л$. Измеряем длину вектора \overline{U}_6 и пользуясь принятым масштабом определяем напряжение на балласте $U_6=158$ В. Тогда сопротивление балласта

$$z_6 = \frac{U_6}{I_{л.р.}} = \frac{158}{0,43} = 367,4 \text{ Ом.}$$

7. Определяем угол λ между вектором напряжения на балласте \overline{U}_6 и вектором тока $\overline{I}_{л.р.}$

$$\lambda = \frac{\pi}{2} - \delta = 90 - 0 = 90.$$

Значение вектора тока $\overline{I}_{л.р.}$ переносим циркулем.

Угол между вектором тока $\overline{I}_{л.р.}$ и вектором напряжения сети \overline{U}_c обозначим через φ (угол потерь).

8. Аналогично с помощью круговой диаграммы определяем сопротивление активного балласта. Для чего определяем

$$\alpha = \frac{\pi}{2} + \varphi + \delta = 90 + 15 + 90 = 105.$$

Строим круговую диаграмму (см. рисунок 2.7 в нижней части). Из круговой диаграммы определяем $U_6=120$ В. Тогда сопротивление балласта

$$R_6 = \frac{U_6}{I_{л.р.}} = \frac{120}{0,43} = 300 \text{ Ом.}$$

Угол λ в этом случае будет: $\lambda = \frac{\pi}{2} - \delta = 90 - 90 = 0^\circ$.

9. Произведем выбор ПРА для лампы ЛБ-40 из таблицы 2.1. Принимаем ПРА типа 1УБИ-40/220-ВП-051.

1.3 ПРАВИЛА И НОРМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Цель занятия

Ознакомиться с последовательностью рассмотрения вопросов при проектировании светотехнической части осветительной установки, получить практические навыки выбора нормируемой освещенности, коэффициента запаса и осветительных приборов, размещения осветительных приборов в освещаемом пространстве.

Контрольные вопросы

1. Назовите последовательность рассмотрения вопросов при проектировании осветительных установок.
2. Какие источники света рекомендуются нормативными документами для осветительных установок сельскохозяйственных предприятий?
3. Какие системы освещения применяют в осветительных установках, и как производят их выбор?
4. Назовите известные вам виды освещения и укажите, в каких осветительных установках их применяют.
5. Как определяют требуемый уровень освещенности рабочих поверхностей производственных, административных, бытовых и сельскохозяйственных помещений?
6. Физический смысл коэффициента запаса осветительной установки и как определить его нормативное значение?
7. Какие требования учитывают при выборе светильников для осветительной установки?
8. Категории помещений по условиям окружающей среды и определение их для сельскохозяйственных помещений.
9. Светотехнические, энергетически, и экономически наиболее выгодное относительное расстояние между светильниками и его определение в осветительной установке.
10. Понятие расчетной высоты подвеса светильников.

11. Напишите формулу для определения числа рядов светильников в одном ряду и общего количества светильников в помещении.

12. В чем отличие в расчете размещения светильников с линейными и точечными излучателями?

Литература: [1, 2, 4].

Расчетные формулы

При разработке светотехнической части проекта осветительной установки следует придерживаться определенной последовательности рассмотрения основных вопросов:

- выбор источников света;
- выбор нормируемой освещенности и коэффициента запаса;
- выбор системы и вида освещения;
- выбор осветительных приборов (типа светильников);
- размещение светильников в освещенном пространстве;
- светотехнический расчет осветительной установки (определение мощности источников света для точечных излучателей или определение количества светильников для линейных излучателей).

Выбор источников света производят по рекомендациям СНБ 2 04.05-98 «Естественное и искусственное освещение» и «Отраслевых норм освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений».

Нормируемую освещенность рабочих поверхностей определяют по таблице, приведенной в СНБ 2 04.05-98, в зависимости от характеристики зрительных работ, наименьшего размера объекта различения, контраста объекта различения с фоном и характеристики фона. Для облегчения определения норм освещенности на основе СНБ 2 04.05-98 разработаны отраслевые нормы рабочего освещения производственных, административных, общественных и бытовых помещений, а также зданий и сооружений для хранения сельскохозяйственной про-

дукции, животноводческих и птицеводческих помещений, нормируемую освещенность по которым определяют в зависимости от технологического назначения помещения (см. таблицу П.2.5...П.2.7 [4]).

Уменьшение освещенности в расчетах установленной мощности источников учитывают коэффициентом запаса K_3 , значение которого зависит от наличия пыли, дыма и копоти в рабочей зоне помещения, от конструкции светильников, типа источников света и периодичности чисток светильников. Значения коэффициента запаса по СНБ 2 04.05-98 приведены в таблицы П.2.8 [4]. Отраслевые нормы освещенностей сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений рекомендуют принимать коэффициент запаса для ламп накаливания $K_3 = 1,15$, а для газоразрядных ламп $K_3 = 1,3$. При этом чистка светильников должна проводиться не реже одного раза в три месяца.

Выбор системы освещения зависит от уровня нормируемой освещенности рабочих поверхностей. При нормируемой освещенности рабочей поверхности менее 200 лк применяют систему общего освещения, которое может быть выполнено с равномерным или локализованным (неравномерным) размещением светильников. Систему комбинированного освещения (наличие наряду со светильниками общего освещения, также местных светильников) применяют тогда, когда на рабочей поверхности необходимо создать освещенность 200 лк и более. При этом, освещенность рабочей поверхности, создаваемая светильниками общего освещения в системе комбинированного, должна составлять 10 % нормируемой для комбинированного освещения, при тех источниках света, которые применяются для местного освещения, но не менее 150 лк и не более 500 лк при газоразрядных лампах и, соответственно, 50 лк и 100 лк при лампах накаливания. При этом следует помнить, что применение одного местного освещения внутри здания не допускается.

СНБ 2 04.05-98 рекомендуют следующие виды освещения: рабочее, аварийное безопасности, аварийное эвакуационное, охранное и дежурное. В сельскохозяйственных помещениях, в которых содер-

жаты животные, для периодического контроля в нерабочее время за их состоянием и безопасного движения дежурного персонала в проходах и коридорах, из рабочего общего освещения выделяют 10...15 % светильников на дежурное освещение, к дежурному освещению также иногда относят освещение входов в здание.

Рабочее освещение предусматривают для всех помещений зданий, а также участков открытых пространств, предназначенных для работы, прохода людей и движения транспорта.

Аварийное безопасности освещение предусматривают, если отключение рабочего освещения может вызвать:

- взрыв, пожар, отравление людей;
- длительное нарушение технологического процесса;
- нарушение работы объектов, в которых недопустимо прекращение работ;
- нарушение обслуживания больных в операционных блоках, кабинетах неотложной помощи, в приемных пунктах лечебных учреждений, в родильных отделениях больниц;
- нарушение режима работы детских учреждений.

Аварийное эвакуационное освещение в помещениях или местах производства работ вне зданий предусматривают:

- в местах, опасных для прохода людей;
- в проходах на лестницах, служащих для эвакуации людей, при числе эвакуирующихся более 50 человек;
- по основным проходам производственных помещений, в которых работает более 50 человек;
- на лестничных клетках жилых домов высотой более 5 этажей;
- в производственных помещениях с постоянно работающими в них людьми, где их выход из помещения при аварийном отключении рабочего освещения связан с опасностью травматизма из-за продолжения работы производственного оборудования;

– в помещениях общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий, если в помещении могут одновременно находиться более 100 человек.

Аварийное эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк – на открытых территориях.

Охранное освещение предусматривают вдоль границ территорий, охраняемых в ночное время (при отсутствии специальных технических средств охраны). Освещенность при этом принимают равной 0,5 лк на уровне земли в горизонтальной плоскости или на уровне 0,5 м от земли на одной стороне вертикальной плоскости, перпендикулярной линии границы.

Выбор светильников определяется видом источника излучения, назначением, требованиями к характеру светораспределения и ограничения слепящего действия, эксплуатационной группой и экономической целесообразностью.

Порядок выбора светильников следующий:

1) из номенклатуры светильников выбирают те, которые удовлетворяют назначению (для производственных помещений, для общественных зданий и сооружений или для наружного освещения) и принятому источнику излучения (с лампами накаливания, с люминесцентными лампами или с газоразрядными лампами высокого давления);

2) в зависимости от категории среды и типа источника излучения определяют минимально допустимую степень защиты светильников;

3) выделив из номенклатуры светильники, удовлетворяющие минимально допустимой степени защиты, производят их выбор по характеру светораспределения и типу кривой силы света: для производственных помещений обычно принимают светильники прямого (П) или преимущественно прямого (Н) светораспределения; для административных, общественных и жилых помещений, особенно когда

предъявляются требования к качеству освещения – светильники рассеянного (Р), преимущественно отраженного (В) или отраженного (О) светораспределения.

Чем выше помещение и больше нормируемая освещенность, тем более концентрированными кривыми силы света должны обладать светильники (К или Г). По мере уменьшения высоты помещения наиболее выгодны светильники с типовой кривой силы света Г, Д и т.д.

Например, можно рекомендовать кривую М – для высоты $H_0 = 2.0 \dots 2,5$ м, кривую Д – для высоты $2,5 \dots 3,5$ м, кривую Г – для высоты $3,5 \dots 4,5$ м. Для освещения в вертикальной или наклонной плоскости целесообразны светильники класса Р с полуширокой кривой силы света типа Л или равномерной М.;

4) окончательным вариантом принимаемого решения следует считать экономическую целесообразность сравниваемых равноценных по светотехническому эффекту вариантов, оцениваемую по критерию минимума приведенных затрат. Однако в практике проектирования зачастую ограничиваются только сопоставлением установленной мощности осветительной установки.

Размещение светильников при равномерном освещении производят по углам прямоугольника (соотношение сторон не более 1,5:1) или вершинам ромба с учетом доступа к светильникам для обслуживания (рисунок 3.1).

Расчетные значения расстояния между светильниками в ряду L'_A и расстояния между рядами светильников L'_B определяют по формуле:

$$L'_{A,B} = \lambda_c H_p, \quad (3.1)$$

где λ_c – светотехнически наивыгоднейшее относительное расстояние между светильниками (см. таблицу 3.1);

H_p – расчетная высота установки светильников, м.

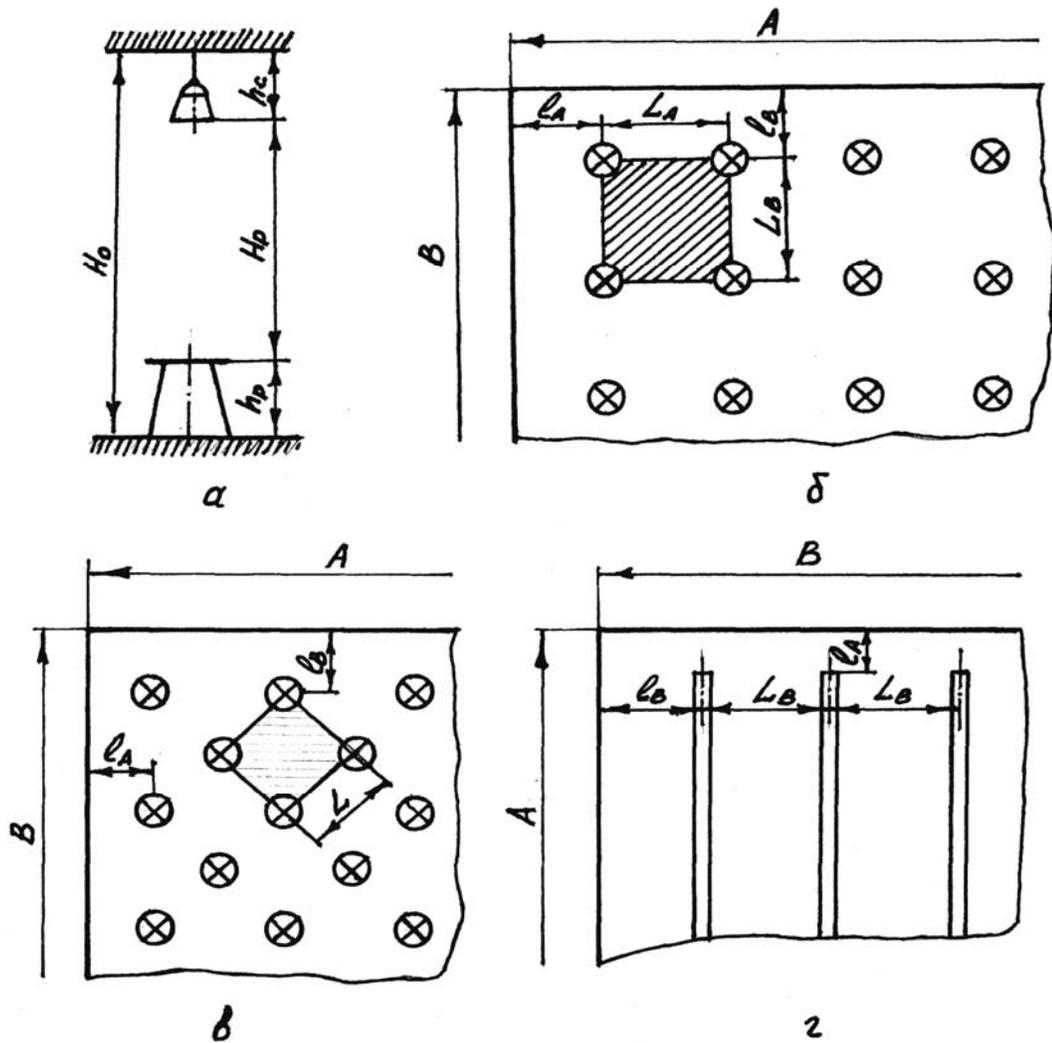


Рисунок 3.1 Варианты размещения светильников: а) в разрезе; б, в, г) в плане помещения; б) по углам прямоугольников; в) по вершинам ромба; г) в линию

Расчетную высоту установки светильников определяют по формуле:

$$H_p = H_0 - h_c - h_p, \quad (3.2)$$

где H_0 – высота помещения, м;

h_c – высота свеса светильников (расстояние от светового центра светильника до перекрытия), определяемая с учетом размеров светильников и способа их установки, м;

h_p – высота размещения над полом расчетной поверхности (поверхности, на которой нормируется освещенность), м.

Таблица 3.1 Рекомендуемое значение относительного
наивыгоднейшего расстояния

Тип кривой силы света	Рекомендуемое значение λ	Тип кривой силы света	Рекомендуемое значение λ_c
К-1	0,95	Г-1	1,25
К-2	0,85	Г-2	1,10
К-3	0,7	Г-3	1,05
Д-1	1,55	Ш-1	2,25
Д-2	1,45	Ш-2	2,65
Д-3	1,35	Ш-3	2,7
М	1,8		

Требования к минимально допустимой высоте установки светильников изложены в ПУЭ и зависят от категории помещения по степени опасности поражения электрическим током, конструкции светильника напряжения питания, ламп.

Расстояние от стены до ближайшего ряда светильников l'_B и до крайнего светильника в ряду l'_A принимают в пределах $(0,3...0,5)L'_{A,B}$, при наличии рабочих поверхностей у стен $l'_{A,B}=0,3L'_{A,B}$, а при отсутствии $l'_{A,B}=0,5L'_{A,B}$.

По известным $l'_{A,B}$, $L'_{A,B}$ и длинам A и B в помещении можно определить:

число рядов светильников

$$N_2 = \frac{B - 2l'_B}{L'_B} + 1, \quad (3.3)$$

число светильников в одном ряду

$$N_1 = \frac{A - 2l'_A}{L'_A} + 1, \quad (3.4)$$

и общее число светильников в помещении

$$N_\Sigma = N_1 \cdot N_2 \quad (3.5)$$

Полученные значения N_1 и N_2 округляют до целого числа в сторону наименьшего значения. После чего размещают светильники на плане с учетом строительного модуля помещения и задаются действительными расстояния от стены до ближайшего ряда светильников l_B и до ближайшего светильника в ряду l_A . Расстояния между рядами L_B и светильниками в ряду L_A

$$L_B = \frac{B - 2l_B}{N_2 - 1}, \quad (3.6)$$

$$L_A = \frac{A - 2l_A}{N_1 - 1}. \quad (3.7)$$

Следует отметить, что при проектировании осветительных установок со светильниками с люминесцентными лампами первоначально намечают только число рядов N_2 , а число светильников в ряду N_1 и в помещении N_Σ определяют светотехническим расчетом. При этом светотехнические наиболее выгодное относительное расстояние λ_c определяют по поперечной кривой силы света светильников с люминесцентными лампами.

Исходные данные

Задача 3.1

В свиноматке для опоросов на 60 свиноматок (рисунок 3.2) выбрать источники света, систему и вид освещения, нормируемую освещенность и коэффициент запаса, тип осветительного прибора, разместить светильники в помещениях.

Характеристика помещений свиноматки приведена в таблице 3.2.

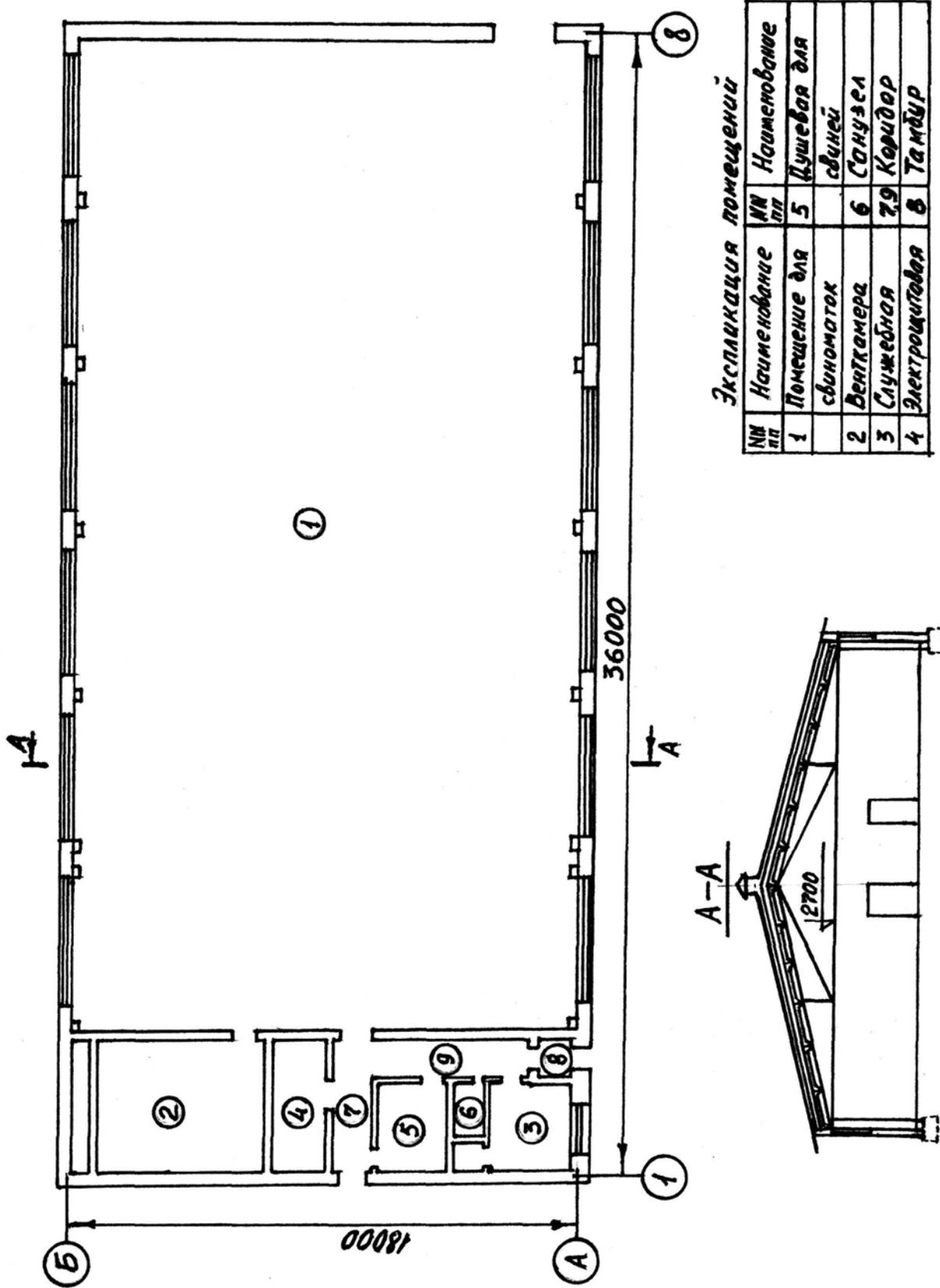


Рисунок 3.2 План свиноварника для опоросов на 60 свиноматок

Таблица 3.2 Исходные данные к задаче 3.1

№ на плане	Наименование и размеры (длина x ширина x высота, м) помещений	Характеристика поверхностей	
		стен	потолка
1	Помещение на 60 свиноматок (36x18x2,7)	Побеленные бетонные панели с окнами	Чистые бетонные плиты
2	Венткамера (7x5x2,7)	Чистая бетонная штукатурка	То же
3	Служебная (3,6x2,8x2,7)	Бетонная штукатурка, окрашенная светлой масляной краской	То же
4	Электрощитовая (4,8x1,8x2,7)	Чистая бетонная штукатурка	То же
5	Душевая для свиней (3,4x2,5x2,7)	Чистая бетонная штукатурка	То же
6	Санузел (3,3x1,1x2,7)	Бетонная штукатурка, окрашенная светлой известковой краской	То же
7	Коридор (5x1,3x2,7)	Красный кирпич неоштукатуренный	То же
8	Тамбур (1,3x1,3x2,7)	Красный кирпич неоштукатуренный	То же
9	Коридор (5,4x1,3x2,7)	Красный кирпич неоштукатуренный	То же

Методика расчета

1. В соответствии с требованиями СНБ 2 04.05-98 для помещений производственного назначения (№ 1, 3, 5) принимаем газоразрядные лампы низкого давления и по характеристике зрительной работы (таблица П.2.1 [4]) принимаем лампу типа ЛБ. В помещениях вспомогательного характера № 2, 4, 6...9 – лампы накаливания.

2. Нормированное значение освещенности E_{\min} и расчетную поверхность определяем по таблицам П.2.5...П.2.7 [4]. Коэффициент запаса принимаем по рекомендациям отраслевых норм: $K_3 = 1,15$ для ламп накаливания и $K_3 = 1,3$ – для газоразрядных ламп. Результаты решений сводим в таблице 3.3.

Так как уровень нормируемой освещенности E_{\min} во всех помещениях не превышает 200 лк, то в соответствии с рекомендациями СНБ 2 04.05-98 принимаем систему общего освещения с равномерным размещением светильников. Вид освещения – рабочее, а в помещении № 1, где содержатся животные, кроме того, устраиваем дежурное освещение, выделив 10 % светильников рабочего освещения и равномерно расположив их над основными проходами.

3. Определяем категорию помещения № 1 по условиям окружающей среды (таблица П.1.1 [4]) и минимально допустимую степень защиты светильника (таблица П.2.9 [4]). Из номенклатуры светильников (таблица П.2.14 [4]) выделяем те, которые удовлетворяют минимально допустимой степени защиты. Учитывая производственный характер помещения, оставляем светильники, имеющие прямой (П) класс светораспределения. Так как высота помещения равна 2,7 м, то по рекомендациям таблицы 2.1 [4] целесообразно выбрать светильник, имеющий кривую силы света Д-3 или Г-1. Окончательно принимаем светильник ЛСП18-40 прямого светораспределения (П) с кривой силы света Д-2 и степенью защиты 5'4. Аналогично выбираем светильники для других помещений. Результаты выбора сводим в таблице 3.3.

4. Размещаем светильники в помещениях.

Таблица 3.3 Результаты выбора светильников

№ по плану и наименование помещения	Категория среды	Е, лк	K _з	Пло-ско-сть	Сис-тема осв.	Вид освещен.	Миним. допуст степень защиты	Светильник		
								Тип	КСС	IP
1. Помещение на 60 свиноматок	Сырая	75	1,3	Пол	Общая	Рабоч дежур	5'4	ЛСП18 - 40	Д-2	5'4
2. Венткамера	Сухая	20	1,15	Пол	-"	Рабоч	2'0	НСП11 -100	Д-3	IP54
3. Служебная	Сухая	75	1,3	Г-0,8	-"	-"	2'0	ЛПО02 -2x40	Д-2	2'0
4. Электрощитовая	Сухая	50	1,15	В-1,5	-"	-"	2'0	НСП11 -200	Д-3	IP54
5. Душевая для свиней	Особо сырая	75	1,3	Пол	-"	-"	5'4	ЛСП16 -40	Д-2	IP54
6. Санузел	Сырая	10	1,15	Пол	-"	-"	IP51	НСП11 -100	Д-1	5'4
7. Коридор	Сырая	10	1,15	Пол	-"	-"	IP51	НСП11 -100	Д-1	IP54
8. Тамбур	Сырая	10	1,15	Пол	-"	-"	IP51	НСП11 -100	Д-1	IP54
9. Коридор	Сырая	10	1,15	Пол	-"	-"	IP51	НСП11 -100	Д-1	IP54

Помещение № 1

По таблице П.2.14 [4] высота светильника $h_c=0,166$ м. Светильник подвешиваем на тросе, проложенном на высоте $H_0=2,5$ м. Расчетную высоту установки светильника определяем по формуле (3.2). Для светильника ЛСП18-40 кривая силы света Д-2 и относительное наивыгоднейшее расстояние $\lambda_c = 1,45$ из таблицы 3.1. Расстояние между рядами светильников L'_B определяем по (3.1). Задаемся расстоянием от стены до крайнего ряда светильников. Число рядов светильников определяем по формуле (3.3), округляем до целого числа и уточняем действительное расстояние между рядами светильников по формуле (3.6). Аналогично размещаем светильники в других помещениях, при этом для точечных светильников определяем кроме количества рядов также количество светильников в ряду и общее количество светильников по формулам (3.4) и (3.5), а также расстояние между светильниками в ряду по (3.7). Результаты светотехнического расчета заносим в таблице 3.4 и на план помещения (рисунок 3.3).

Таблица 3.4 Параметры размещения светильников в помещениях

№ по плану и наименование помещения	H_p , м	Количество, шт		Расстояние, м			
		N_2	N_1	L_A	L_B	l_A	l_B
1. Помещение на 60 свиноматок	2,33	6	-	-	3	1,5	1,5
2. Венткамера	2,32	2	2	4,0	3,0	1,5	1,0
3. Служебная	1,78	1	-	-	-	1,0	1,4
4. Электрощитовая	2,32	1	2	3	-	0,9	0,9
5. Душевая для свиней	2,33	1	-	-	-	1,0	1,25
6. Санузел	2,32	1	2	2,7	-	0,3	0,55
7. Коридор	2,32	1	2	3,0	-	1,0	0,65
8. Тамбур	2,32	1	1	-	-	0,65	0,65
9. Коридор	2,32	1	2	3,0	-	0,7	0,65

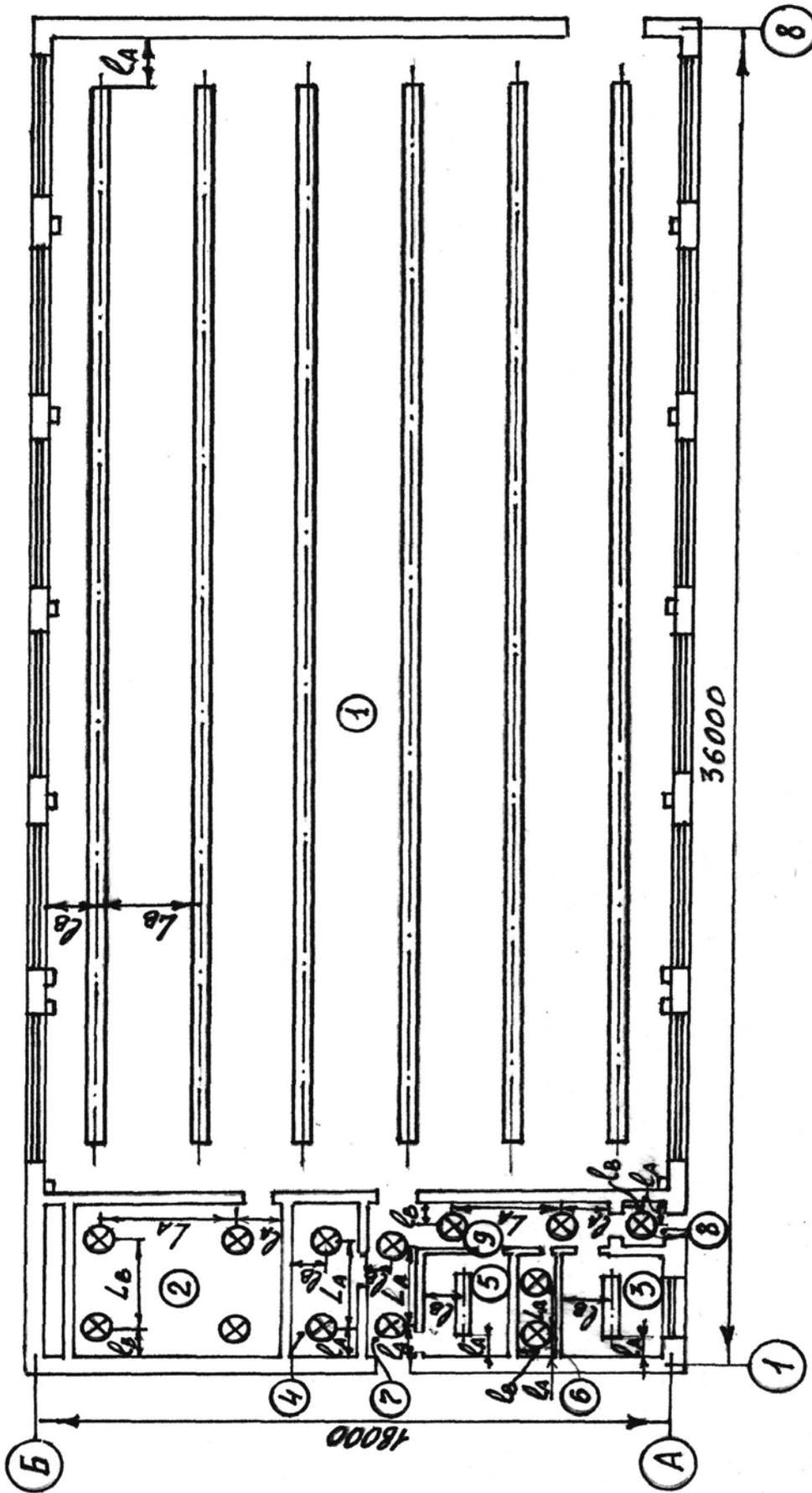


Рисунок 3.3. План размещения светильников в здании свинарника

1.4 РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК МЕТОДАМИ УДЕЛЬНОЙ МОЩНОСТИ И КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕТОВОГО ПОТОКА

Цель занятия

Ознакомиться с последовательностью рассмотрения вопросов и получить навыки расчета осветительных установок методами удельной мощности и коэффициента использования светового потока.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях расчет осветительных установок проводят методом коэффициента использования светового потока?
2. Перечислите последовательность выполнения операций при расчете осветительных установок методом коэффициента использования светового потока.
3. Напишите основную расчетную формулу метода коэффициента использования светового потока и поясните, какие величины в нее входят.
4. Какие параметры влияют, на значение коэффициента использования светового потока и как он определяется по справочным таблицам?
5. С учетом, каких требований выбирают тип и мощность источников при известном значении расчетного светового потока?
6. Назовите особенности расчета осветительных установок с люминесцентными лампами методом коэффициента использования светового потока. Изменяется ли при этом расчетная формула?
7. В каких случаях для расчета осветительных установок применяют метод удельной мощности?
8. Какие параметры учтены при составлении таблиц удельной мощности для светильников с люминесцентными лампами, лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ и ДНаТ?
9. Напишите формулу для определения расчетного значения удель-

ной мощности осветительной установки со светильниками с люминесцентными лампами, лампами накаливания, ДРЛ, ДРИ и ДНаТ.

10. Как определить потребную расчетную мощность источника по методу удельной мощности?

11. Как выбрать источник по известному значению расчетной мощности?

12. Назовите особенности расчета осветительных установок с люминесцентными лампами методом удельной мощности. Изменится ли при этом расчетная формула?

13. Каким методом можно произвести проверочный расчет осветительных установок? Напишите расчетную формулу для проверочного расчета.

Литература: [1, 2, 4].

Расчетные формулы

Метод удельной мощности

Под удельной мощностью понимают отношение суммарной мощности источников света к площади освещаемой поверхности.

Методом удельной мощности пользуются для приближенного расчета (ошибка не более $\pm 20\%$) осветительных установок помещений, к освещению которых не предъявляются особые требования, например, вспомогательные и складские помещения, кладовые, коридоры и т.д. Методом удельной мощности также разрешается рассчитывать освещение любых помещений, у которых отсутствуют существенные затенения рабочих поверхностей.

В основу метода удельной мощности положены результаты многочисленных расчетов средних значений мощности источников, приходящихся на 1 м^2 освещаемой поверхности.

На основе подобных результатов составлены справочные таблицы, позволяющие при соответствии всех параметров осветительной установки паспортным данным таблиц определить необходимую удельную мощность источников ($P_{уд.}$), обеспечивающую требуемые условия освещения.

К паспортным данным таблиц удельной мощности при лампах накаливания относят:

- тип светильников;
- нормируемую освещенность;
- коэффициент запаса (при его значениях, отличных от указанных в таблицах, допускается пропорциональный пересчет значений удельной мощности);
- коэффициенты отражения поверхностей помещения (таблицы рассчитаны для коэффициентов отражения потолка $\rho_n=50\%$, стен $\rho_c=30\%$ и рабочей поверхности $\rho_p=10\%$; допускается при более светлых поверхностях уменьшать, а при более темных увеличивать $P_{уд.}$ на 10%);
- напряжение питания источников света (для ламп накаливания принято напряжение 220 В).

Для люминесцентных ламп и ламп типа ДРЛ сохраняет силу все вышесказанное, но со следующими отличиями:

- таблицы приводятся только для освещенности 100 лк, так как в данном случае имеет место прямая пропорциональность между E_{min} и $P_{уд.}$;
- в качестве паспортных данных приняты тип и мощность лампы и соответствующая ей световая отдача (кроме ламп ДРЛ);
- таблицы составлены без учета напряжения сети, к которому подключают источник.

В основе расчета лежит формула:

$$\text{а) для точечных излучателей} \quad P_p = \frac{P_{уд} S}{N_{\Sigma} n_c \eta_y}, \quad (4.1)$$

$$\text{б) для линейных излучателей} \quad N_{\Sigma} = \frac{P_{уд} S}{P_{л} n_c \eta_y}, \quad (4.2)$$

где $P_{уд}$ – расчетное значение удельной мощности, Вт/м²; S – площадь освещаемого помещения, м²; P_p – расчетное значение мощности лампы, Вт; N_{Σ} – суммарное количество светильников в помещении (округляют в сторону уменьшения), шт; $P_{л}$ – мощность лампы в светильнике, Вт.; n_c – число ламп в одном светильнике, шт; η_y – условный КПД светильника.

Расчетное значение удельной мощности определяют по формуле:

а) для точечных излучателей

$$P_{уд} = P_{уд}^{таб} k_1 k_2 k_4, \quad (4.3)$$

б) для линейных излучателей

$$P_{уд} = P_{уд}^{таб} k_1 k_2 \frac{E_{min}}{100}, \quad (4.4)$$

где $P_{уд}^{таб}$ – табличное значение удельной мощности, определяемой для выбранного типа светильника по расчетной высоте подвеса и площади освещаемого помещения (для удлиненных помещений ($A > 2,5 B$), табличную $P_{уд}^{таб}$ находят для условной площади $2B^2$;

k_1 – коэффициент приведения коэффициента запаса к табличному значению;

k_2 – коэффициент приведения коэффициентов отражении поверхностей помещения к табличному значению;

k_4 – коэффициент приведения напряжения питания источников к табличному значению (для пересчета с $U_c=127$ В на $U_c=220$ В принять $k_4=0,86$);

E_{min} – нормируемое значение освещенности помещения, лк.

Дальнейший расчет ведут в следующей последовательности:

а) для точечных излучателей

По расчетной мощности лампы P_p с учетом шкалы мощностей выпускаемых промышленностью источников света выбирают подходящую лампу такой, чтобы

$$0,9P_p \leq P_l \leq 1,2P_p \quad (4.5)$$

и проверяют возможность установки выбранной лампы в светильник

$$P_p \leq P_{\text{свет}}, \quad (4.6)$$

где $P_{\text{свет}}$ – мощность лампы в светильнике, Вт.

б) для линейных излучателей

Число светильников в ряду

$$N_1 = \frac{N_{\Sigma}}{N_2}, \quad (4.7)$$

где N_2 – число рядов.

Число N_1 округляют в сторону увеличения.

Определяют расстояние разрыва между светильниками в ряду

$$l_p = \frac{A - 2l_A - N_1 l_c}{N - 1}, \quad (4.8)$$

где A – длина помещения, вдоль которого установлены ряды светильников, м;

l_A – расстояние от крайнего светильника в ряду до стены, м;

l_c – длина светильника, м.

Проверяют расположение светильников в ряду:

$$0 \leq l_p \leq 1,5L_B, \quad (4.9)$$

где L_B – расстояние между рядами светильников, м. (см. формулу 3.6).

Порядок расчета по методу удельной мощности следующий:

- проверяют применимость метода;
- определяют табличное значение удельной мощности;
- определяют коэффициенты отражения потолка ρ_n , стен ρ_c , рабочей поверхности ρ_p ;
- определяют расчетное значение удельной мощности (4.3) или (4.4).

Далее:

а) для точечных излучателей

– определяют расчетную мощность лампы (4.1);

– подбирают лампу, ближайшую по мощности, с учетом требований (4.5) по таблице выпускаемых промышленностью ламп (таблица П.2.2 или П.2.4 [4]);

– проверяют возможность установки лампы в светильник (4.6);

б) для линейных излучателей

– определяют суммарное количество светильников в помещении по формуле (4.2);

– определяют число светильников в ряду (4.7);

– определяют расстояние разрыва между светильниками в ряду (4.8);

– проверяют расположение светильников в ряду (4.9).

Метод коэффициента использования светового потока

Метод применяют при расчете общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей при отсутствии крупных затеняющих предметов. Основная расчетная формула по этому методу:

$$\Phi_p = \frac{E_{\min} k_3 S z}{n_c N_{\Sigma} \eta} \quad (4.10)$$

где Φ_p – расчетный световой поток каждой лампы рассчитываемой осветительной установки, лм;

E_{\min} – нормируемая освещенность, лк;

k_3 – коэффициент запаса;

S – площадь освещаемого помещения, м²;

z – коэффициент минимальной освещенности (отношение средней освещенности к минимальной);

n_c – число ламп в светильнике, шт;

N_{Σ} – общее число светильников в помещении, шт;

η – коэффициент использования светового потока в долях единицы.

Формулой (4.10) в представленном виде пользуются для расчета освещения от светильников с лампами накаливания и ДРЛ, когда до расчета известно число светильников, но не известна мощность источников. Поэтому, определив расчетный световой поток источника Φ_p и сопоставив его с нормированными значениями световых потоков выпускаемых промышленностью ламп $\Phi_{л}$, находим тип и мощность источника. При этом необходимо учесть, что световой поток выбранной лампы не должен отличаться от расчетного более чем от -10 до $+20\%$, т.е.

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_{л} \leq 1,5\Phi_p. \quad (4.11)$$

Если невозможно выбрать лампу, соответствующую условию (4.11), то изменяют число светильников в освещаемом помещении с таким расчетом, чтобы расстояние между светильниками ненамного отличалась от светотехнических наивыгоднейшего расстояния $\lambda_c H_p$. Причем изменения ведут в сторону увеличения расстояния и уменьшения числа светильников N_{Σ} .

При расчете освещения от светильников с люминесцентными лампами известными величинами являются мощность, число и световой поток ламп в светильнике, а также число рядов светильников. Неизвестные величины – число светильников в освещаемом помещении и в одном ряду. Общее число светильников в помещении определяют по формуле:

$$N_{\Sigma} = \frac{E_{\min} K_3 Sz}{n_c \Phi_{л} \eta}. \quad (4.12)$$

Число светильников в ряду определяют по формуле (4,7), при этом число N_1 округляет в сторону увеличения.

Неизвестными величинами в формулах (4.10) и (4.12) является коэффициент использования светового потока η и коэффициент минимальной освещенности z . Коэффициент использования светового потока η зависит от многих факторов, характеризующих светильник, освещаемое помещение и высоту подвеса светильника. Его определяют следующим образом:

$$\eta = \eta_1 \eta_b + \eta_2 \eta_n, \quad (4.13)$$

где η_1 – коэффициент использования светового потока, направленного в нижнюю полусферу (таблица П.2.28 [4]);

η_n и η_v – КПД реального светильника (таблица П.2.12 – П.2.22 [4]) в нижнюю и верхнюю полусферы пространства;

η_2 – коэффициент использования светового потока, направленного в верхнюю полусферу (для потолочных светильников принимают по таблице П.2.29, для подвесных – по таблице П.2.30 [4]).

В справочные таблицы для определения коэффициента использования светового потока входят индекс помещения i и коэффициенты отражения потолка ρ_n , стен ρ_c и рабочей поверхности ρ_p . Индекс помещения определяют по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{H_p(A+B)}, \quad (4.14)$$

где A и B – длина и ширина освещаемого помещения, м.

Коэффициенты отражения ρ_n , ρ_c , ρ_p определяют по справочным таблицам в зависимости от материала и окраски рабочих поверхностей (таблица П.2.27 [4]).

Коэффициент минимальной освещенности вводится для того, чтобы обеспечивать освещенность в любой нормируемой точке не ниже минимальной. При расчете освещения от светильников с лампами накаливания и ДРИ $z=1,15$; с люминесцентными лампами $z=1,1$; а для всех светильников отраженного света $z=1,0$.

Порядок расчета по методу коэффициента использования светового потока следующий:

- проверяет применимость метода;
- определяют коэффициенты отражения потолка ρ_n , стен ρ_c и рабочей поверхности ρ_p ;
- определяют индекс помещения;
- определяют коэффициент использования светового потока.

Далее:

а) для точечных излучателей:

- вычисляют требуемый световой поток источника света;
- подбирают по таблице выпускаемых промышленностью ламп (таблица П.2.2 или П.2.4 [4]) ближайшую лампу по световому потоку с учетом требований (4.11);
- проверяют возможность установки лампы в светильник (4.6).

б) для линейных излучателей:

- вычисляют число светильников в освещаемом помещении (4.12);
- определяют число светильников в ряду (4.7);
- определяют расстояние разрыва между светильниками в ряду (4.8);
- проверяют расположение светильников в ряду (4.9).

Исходные данные

Задача 4.1

В помещениях № 5 и № 6 свиарника для опоросов на 60 свиноматок (рисунок 3.2) выполнить светотехнический расчет методом удельной мощности. Исходные данные принять по таблице 3.2, 3.3, 3.4.

Методика расчета

Помещение № 6

1. Проверяем применимость метода.
2. Определяем табличное значение удельной мощности (таблица П.2.24 [4]).
3. Определяем коэффициенты отражения рабочих поверхностей (таблица П.2.27 [4]).
4. Вычисляем поправочные коэффициенты k_1, k_2, k_4 .
5. Определяем расчетное значение удельной мощности (4.3).
6. Определяем расчетное значение мощности лампы (4.1).
7. Подбираем мощность лампы (таблица П.2.2 [4]) с учетом требований (4.5).
8. Проверяем возможность установки лампы в светильник (4.6).

Помещение № 5

1. Проверяем применимость метода.
2. Определяем табличное значение удельной мощности (таблица П.2.24 [4]).
3. Определяем коэффициенты отражения рабочих поверхностей (таблица П.2.27 [4]).
4. Вычисляем поправочные коэффициенты k_1, k_2, k_4 .
5. Вычисляем расчетное значение удельной мощности.
6. Подбираем тип источника света в зависимости от характеристики зрительной работы (таблица П.2.1 [4]) и, исходя из мощности светильника, выбираем лампу (таблица П.2.3 [4]).
7. Определяем число светильников в ряду (4.7);
8. Определяем расстояние разрыва между светильниками в ряду (4.8);
9. Проверяем расположение светильников в ряду (4.9).

Задача 4.2

В помещениях № 2 и № 3 свиарника для опоросов на 60 свиноматок (рисунок 3.2) выполнить светотехнический расчет методом коэффициента использования светового потока. Исходные данные принять по таблице 3.2, 3.3, 3.4.

Методика расчета

Помещение № 2

1. Проверяем применимость метода.
2. Определяем коэффициенты отражения потолка ρ_n , стен ρ_c и рабочей поверхности ρ_p (таблица П.2.27 [4]).
3. Определяем индекс помещения (4.14).
4. С учетом кривой силы света светильника, индекса помещения и коэффициентов отражения рабочих поверхностей определяем коэффициент использования светильника в нижнюю полусферу (таблица П.2.28 [4]).

Коэффициент использования светового потока светильника, направленного в верхнюю полусферу определяем по таблице 2.30 [4].

Вычисляем коэффициент использования светового потока по формуле (4.13).

5. Вычисляем расчетное значение потока лампы (4.10).

6. Принимаем стандартную лампу (таблица П.2.2 [4]) с учетом требований (4.11).

7. Проверяем возможность установки лампы в светильник (4.6).

Помещение № 3

1. Проверяем применимость метода.

2. Определяем коэффициенты отражения потолка ρ_n , стен ρ_c и рабочей поверхности ρ_p (таблица П.2.27 [4]).

3. Определяем индекс помещения (4.14).

4. С учетом кривой силы света светильника, индекса помещения и коэффициентов отражения рабочих поверхностей определяем коэффициент использования светового потока светильника в нижнюю полусферу (таблица П.2.28 [4]). Коэффициент использования светового потока светильника, направленного в верхнюю полусферу определяем по таблице П.2.30 [4]. Вычисляем коэффициент использования светового потока по формуле (4.13).

5. Вычисляем число светильников в освещаемом помещении (4.12).

6. Определяем число светильников в ряду (4.7).

7. Определяем расстояние разрыва между светильниками в ряду по формуле (4.8);

8. Проверяем расположение светильников в ряду (4.9).

Результаты расчетов задач 4.1 и 4.2 изобразим на плане здания (см. рисунок 4.1)

1.5 РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ТОЧЕЧНЫМ МЕТОДОМ

Цель занятия

Освоить последовательность и методику, получить практические навыки расчета осветительных установок точечным методом.

Контрольные вопросы

1. В каких случаях при проектировании осветительных установок применяют точечный метод расчета?

2. Как определить освещенность в точке при известном значении силы света круглосимметричного светильника в направлении рассматриваемой точки?

3. Как определить освещенность в точке, если световой поток источника в круглосимметричном светильнике отличается от справочного значения, принятого при построении кривой силы света?

4. Напишите формулу для определения требуемого значения светового потока источников методом пространственных изолюкс.

5. Как определяют условную горизонтальную освещенность в расчетной точке рабочей поверхности методом пространственных изолюкс?

6. Для каких контрольных точек в методе пространственных изолюкс рассчитывают условную горизонтальную освещенность?

7. Перечислите последовательность выполнения операций при расчете осветительных установок методом пространственных изолюкс.

8. В каких случаях для расчета осветительных установок с люминесцентными лампами следует применять точечный метод (метод линейных изолюкс)?

9. Какие допущения положены в основу построения кривых линейных изолюкс?

10. Как можно определить освещенность в контрольной точке по кривым линейных изолуэкс?

11. Как поступают при определении освещенности в точке, если она не лежит против конца светящейся линии?

12. Какие точки принимают за контрольные при расчете осветительных установок методом линейных изолуэкс?

13. Напишите формулу для определения требуемой линейной плотности светового потока светящейся линии.

14. Как определить количество светильников в линии и разместить их при известном значении требуемой плотности светового потока?

15. Перечислите последовательность выполнения расчета осветительных установок с люминесцентными лампами точечным методом.

Литература: [1, 2, 4].

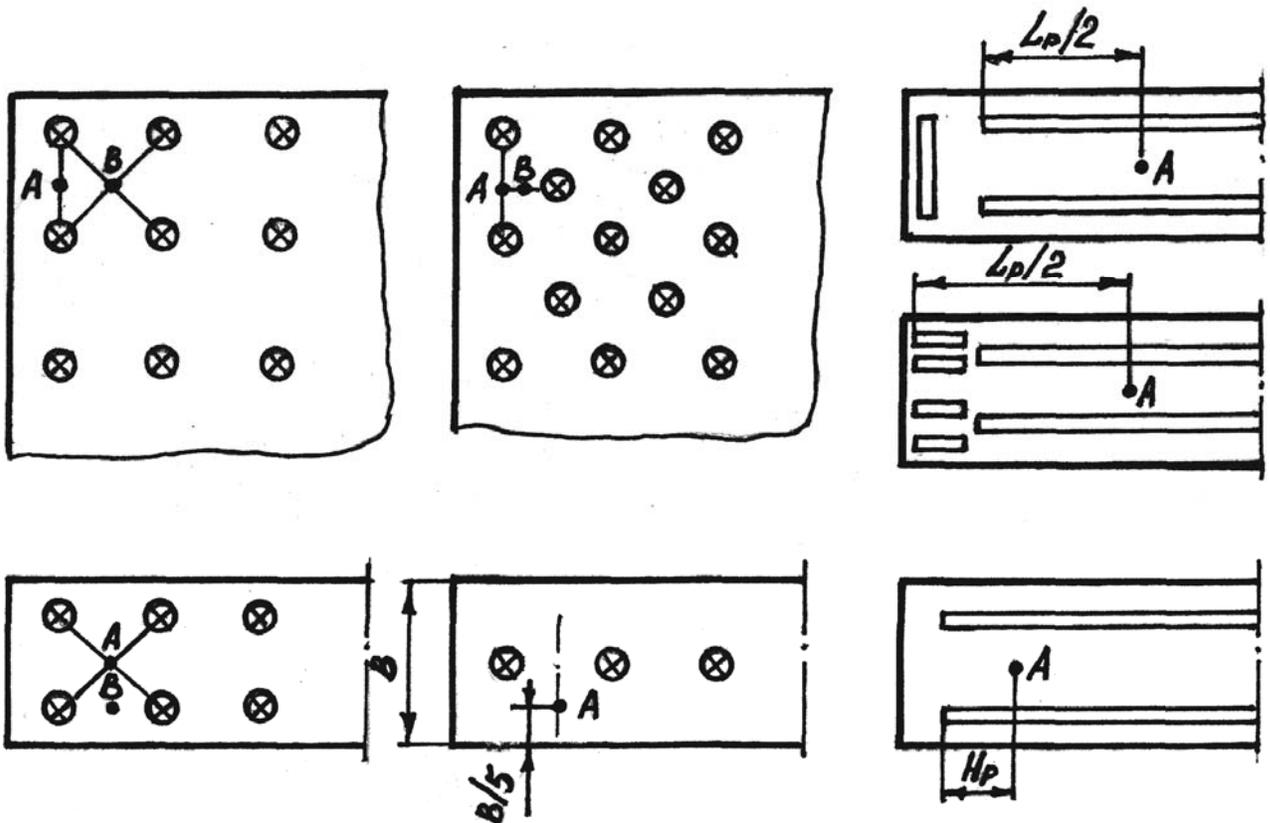


Рисунок 5.1 К выбору контрольных точек для различных вариантов размещения светильников с точечными и линейными излучателями

Расчетные формулы

Метод применяется при расчете общего равномерного и локализованного освещения, местного оснащения, освещения вертикальных и наклонных к горизонту плоскостей, наружного освещения. В основу метода положено определение условной освещенности в контрольных точках, которые определяют, как показано на рисунок 5.1, для случая общего равномерного освещения.

Условную освещенность в контрольной точке можно определять:

а) для круглосимметричных точечных излучателей

1. С использованием кривой распределения силы света данного светильника по формуле (см. рисунок 5.2)

$$\sum e = \frac{I_{\alpha_1} \cos \alpha_1^3}{H_{p1}^2} + \frac{I_{\alpha_2} \cos \alpha_2^3}{H_{p2}^2} + \frac{I_{\alpha_3} \cos \alpha_3^3}{H_{p3}^2}, \quad (5.1)$$

где I_{α_i} – условная сила света светильника в направлении освещаемой точки, определяемая по кривой распределения силы света данного светильника в зависимости от угла α_i между вертикальной осью симметрии и линией, соединяющей его световой центр с освещаемой точкой, кд;

H_p – расчетная высота подвеса светильника над горизонтальной плоскостью с контрольной точкой А, м.

α – угол между осью светильника и линией соединяющей световой центр светильника с освещаемой точкой, град.

2. С использованием кривых пространственных изолюкс, которые приводятся в справочной литературе [4, с. 32].

По кривым пространственных изолюкс находят точку с заданным d и H_p и условную горизонтальную освещенность определяют путем интерполирования между значениями, указанными у ближайших изолюкс. Значение d – кратчайшее расстояние между контрольной точкой А и точкой проекции светового центра светильника на горизонтальную плоскость, на которой расположена точка А (рисунок 5.2).

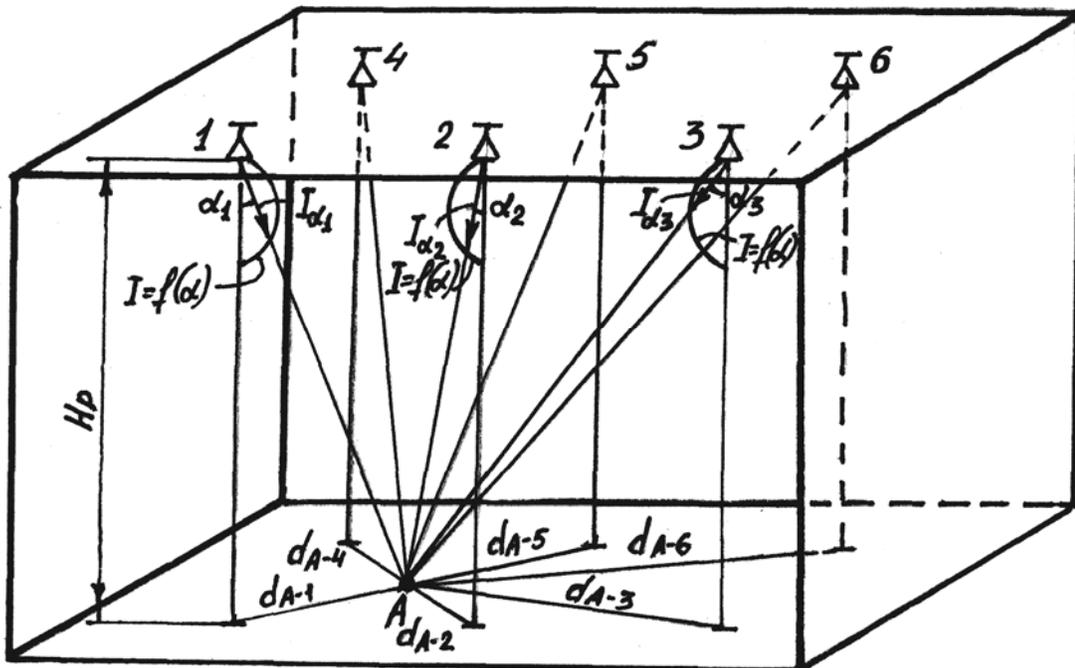


Рисунок 5.2 Пример к расчету освещенности точечным методом

При вычислении условной освещенности в контрольной точке обычно учитывают лишь "ближайшие" светильники (находящиеся на расстоянии трех наименьших значений d).

б) для линейных излучателей

– с использованием кривых линейных изолукс, которые приводятся в справочной литературе [4, с. 35] и позволяющие определить условную освещенность в контрольной точке рабочей поверхности с учетом допущений о том, что рассматриваемая точка расположена против конца линии (рисунок 5.3), условная линейная плотность равна $\Phi_{\text{л}}=1000 \text{ лм} \cdot \text{м}^{-1}$, а $H_p=1 \text{ м}$. Освещенность других точек определяют путем деления светящейся линии на части или дополнения их воображаемыми отрезками, освещенность от которых затем суммируется или вычитается (рисунок 5.4).

При использовании кривых линейных изолукс по плану обмеряют размеры p и L , определяют отношение $p' = \frac{p}{H_p}$ и $L' = \frac{L}{H_p}$,

по кривым находят значения условной освещенности при координатах r' и L' путем интерполирования между ближайшими линейными изолюксами. Линии, для которых $L' > 4$, при расчетах рассматриваются как неограниченно длинные и значение условной освещенности находят для $L'=4$. Определив условную освещенность в контрольной точке, дальнейший расчет ведут в следующей последовательности:

а) для *круглосимметричных точечных излучателей* требуемый световой поток источников света (Φ_p) с учетом коэффициента запаса (K_3) определяют по формуле

$$\Phi_p = \frac{1000 E_{\min} K_3}{\eta_{\cup} \mu \sum e}, \quad (5.2)$$

где E_{\min} – нормированное значение освещенности рабочей поверхности, лк;

μ – коэффициент добавочной освещенности, учитывающий воздействие "удаленных" светильников и отраженных световых потоков на освещаемую поверхность (принимается равным 1,1...1,2);

η_{\cup} – коэффициент полезного действия светильника в нижнюю полусферу в относительных единицах;

K_3 – коэффициент запаса.

По расчетному потоку подбирают ближайшую стандартную лампу световой поток которой ($\Phi_{л}$) должен отличаться от расчетного в пределах от -10 до $+20\%$, то есть:

$$0,9\Phi_p \leq \Phi_{л} \leq 1,2\Phi_p. \quad (5.3)$$

Проверяют возможность установки лампы в светильник с учетом требований (4.6).

б) для *линейных излучателей* определяют линейную плотность светового потока, лм/м:

$$\Phi'_p = \frac{1000 E_{\min} K_3 H_p}{\mu \sum e}. \quad (5.4)$$

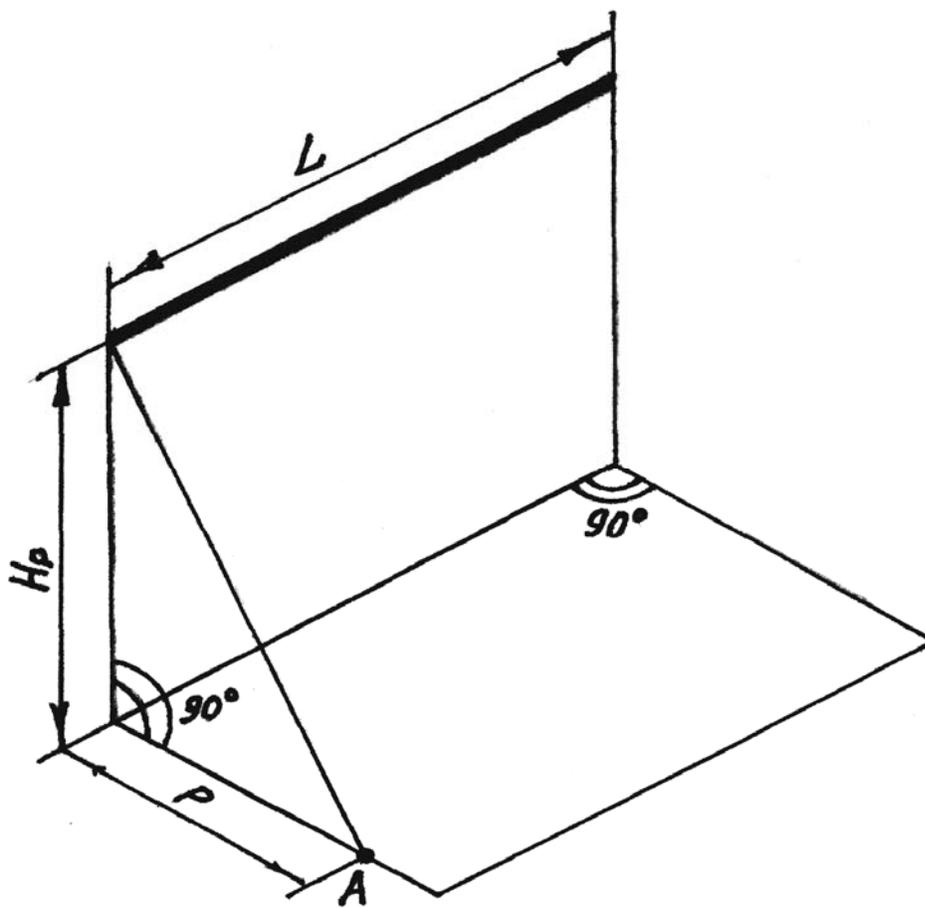


Рисунок 5.3 К определению освещенности в точке А по методу линейных изолюкс

Выбирают тип газоразрядной лампы и определяют значение ее светового потока $\Phi_{л}$. После чего определяют количество светильников в ряду

$$N_1 = \frac{\Phi'_p L_p}{n_c \Phi_{л}}, \quad (5.5)$$

где L_p – длина светящегося ряда, м; n_c – число ламп в светильнике, шт.

Значение N_1 округляют в сторону увеличения и определяют действительное расстояние между светильниками в ряду по формуле (4.8) и проверяют расположение светильников в ряду по формуле (4.9).

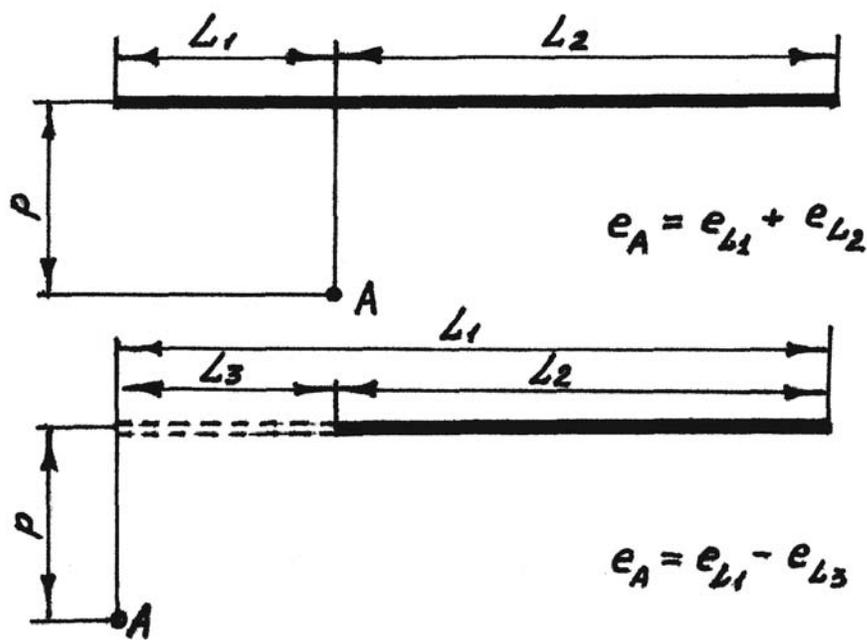


Рисунок 5.4 К определению освещенности, когда точка A не лежит против конца светящейся линии

Порядок расчета установки с круглосимметричными точечными излучателями точечным методом следующий:

- после размещения светильников на плане помещения намечают контрольные точки и вычисляют в них условную освещенность;
- из контрольных точек выбирают расчетную точку с наименьшей условной освещенностью;
- по расчетной формуле (5.2) определяют требуемое значение светового потока источника с учетом требований (5.3), пользуясь таблицей выпускаемых промышленностью ламп (таблицам П.2.2, П.2.4 [4]), находят мощность источника;
- проверяют возможность установки лампы в светильник с учетом требований (4.6).

Осветительные установки с линейными излучателями рассчитывают точечным методом в следующем порядке:

- вычисляют условную освещенность в контрольной точке;
- определяют требуемую линейную плотность светового потока по формуле (5.4);

- для выбранного типа газоразрядной лампы определяют номинальное значение ее светового потока;
- по формуле (5.5) определяют количество светильников в ряду;
- определяют расстояние разрыва между светильниками в ряду по формуле (4.8);
- проверяют расположение светильников в ряду с учетом требований (4.9).

Исходные данные

Задача 5.1

В помещениях № 1 и № 4 свиарника для опоросов на 60 свиноматок (рисунок 3.2) выполнить светотехнический расчет точечным методом. Исходные данные принять по таблицам 3.2, 3.3, 3.4.

Методика расчета

Помещение № 4

1. Размещаем светильники на плане помещения в соответствии с исходными данными и намечаем точку А (рисунок 5.5), в которой освещенность минимальная.

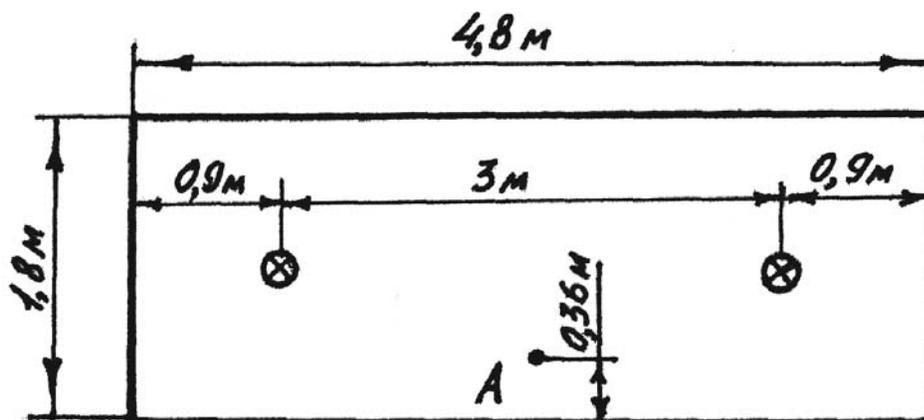


Рисунок 5.5 К расчету освещенности в помещении № 4

Пользуясь, рисунок 2.4 [4] для кривой Д-3 (светильник НСП11-200) определяем условную освещенность в контрольной точке горизонтальной плоскости, проходящей на расстоянии 1,5 м от пола электрощитовой (расчетная высота $H_p = 2,32 - 1,5 = 0,82$ м). Порядок расчета показан в таблице 5.1.

Таблица 5.1 Условная освещенность в контрольной точке

Контрольная точка	Номер i-го светильника	Расстояние от контрольной точки до проекции i-го светильника на расчетную поверхность d, м	Условная освещенность, лк	
			от i-го светильника e	от всех светильников Σe
А	1	1,59	20	40
	2	1,59	20	

2. В электрощитовой освещенность нормирована на вертикальной плоскости на расстоянии от пола 1,5 м. По формуле (1.19) определяем условную освещенность на вертикальной плоскости:

$$E_{AB} = 40 \cdot (1+0) = 40 \text{ лк}.$$

3. Для светильника НСП11-200 КПД в нижнюю полусферу $\eta = 67 \%$ (таблица П.2.12 [4]). Расчетное значение светового потока источника (5.2)

$$\Phi_p = \frac{1000 \times 50 \times 1,15}{0,67 \times 1,1 \times 40} = 1950,5 \text{ лм}.$$

5. Выбираем лампу из таблицы П.2.2 [4], из требований (5.3)

$$0,9 \times 1950,3 \leq \Phi_{л} \leq 1,2 \times 1950,5;$$

$$1755,5 \leq \Phi_{л} \leq 2340,6.$$

Принимаем лампу Б215-225-150 со световым потоком $\Phi_{л} = 2100$ лм.

4. Проверяем возможность установки лампы в светильник с учетом требований (4.6): $150 < 200$. Лампа подходит для установки в данный светильник. Результаты расчета наносим на плане здания (рисунок 4.1).

Помещение № 1

1. Исходные данные принимаем из таблицы 3.2...3.4.
2. Размещаем ряды светильников на плане помещения в соответствии с данными таблицы 3.4 и намечаем контрольную точку (рисунок 5.6).

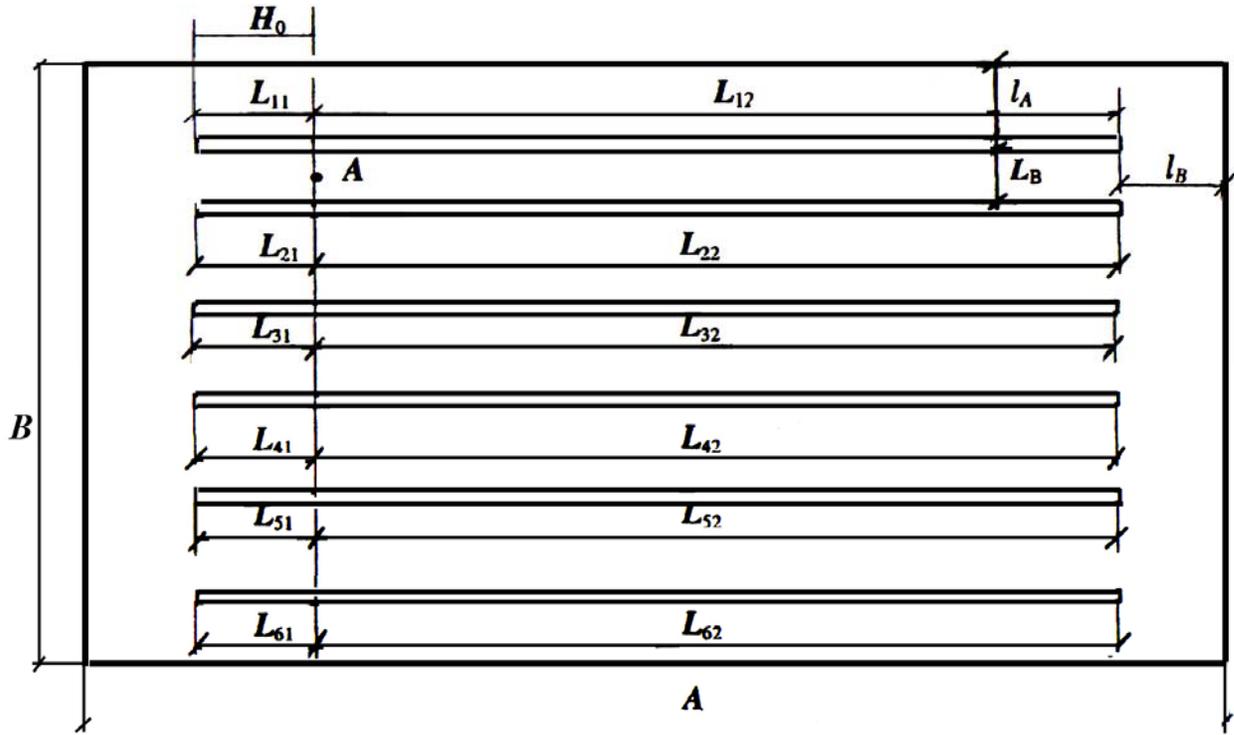


Рисунок 5.6 К расчету освещенности в помещении № 1

3. Длины полурядов и расстояние от контрольной точки до проекций рядов на рабочую поверхность:

$$L_{11}=L_{21}=\dots=L_{61}=H_p=2,33\text{м};$$

$$L_{12}=L_{22}=\dots=L_{62}=A-2 \times l_A - L_{11}=36-2 \times 1,5-2,33=30,67\text{м};$$

$$P_1=P_2=1,5\text{м}; \quad P_3=4,5\text{м}; \quad P_4=7,5\text{м}; \quad P_5=10,5\text{м}; \quad P_6=13,5\text{м}.$$

4. Приведенные размеры:

$$L'_{11}=L'_{21}=\dots=L'_{61}=\frac{L_{11}}{H_p}=\frac{2,33}{2,33}=1;$$

$$L'_{12}=L'_{22}=\dots=L'_{62}=\frac{L_{12}}{H_p}=\frac{30,67}{2,33}=13,2.$$

принимаем $L'_{12}=4$.

$$P'_1 = P'_2 = 1,5 / 2,33 = 0,64;$$

$$P'_3 = 4,5 / 2,33 = 1,93,$$

$$P'_4 = 7,5 / 2,33 = 3,22;$$

$$P'_5 = 10,5 / 2,33 = 4,51;$$

$$P'_6 = 13,5 / 2,33 = 5,79.$$

По рисунку 2.5 [4] определяем условную освещенность в контрольной точке от всех полурядов (светильник ЛСП 18-40 имеет кривую силы света Д-2), для которых приведенное расстояние $P' \leq 4$:

$$e_{11} = 53 \text{лк}; \quad e_{21} = 53 \text{лк}; \quad e_{31} = 8 \text{лк}; \quad e_{41} = 2 \text{лк};$$

$$e_{12} = 69 \text{лк}; \quad e_{22} = 69 \text{лк}; \quad e_{32} = 13,5 \text{лк}; \quad e_{42} = 4,5 \text{лк}.$$

Суммарная условная освещенность в контрольной точке

$$\Sigma e_A = 53 + 53 + 69 + 69 + 8 + 13,5 + 2 + 4,5 = 272 \text{лк}.$$

5. Расчетное значение линейной плотности светового потока (5.4)

$$\Phi'_p = \frac{1000 \times 75 \times 1,3 \times 2,33}{1,1 \times 272} = 759,3 \text{лм} \cdot \text{м}^{-1}.$$

6. Выбираем тип источника света (таблица П.2.1 [4]) в зависимости от характеристики зрительной работы – различение цветных объектов при освещенности менее 150 лк. Принимаем лампу типа ЛБ и, учитывая мощность светильника, окончательно – ЛБ-40. По таблице П.2.3 [4], поток лампы $\Phi_{\lambda} = 3200$ лм.

7. Количество светильников (5.5) в светящемся ряду длиной

$$L_p = A - 2 \times l_A = 36 - 3 = 33 \text{м};$$

$$N_1 = \frac{759,3 \times 33}{1 \times 3200} = 7,83. \quad \text{Принимаем } N_1 = 8 \text{ шт.}$$

8. Расстояние между светильниками в ряду (4.8), предварительно определив длину светильника по таблице П.2.14 [4] $l_c = 1,348 \text{м}$,

$$l_c = \frac{36 - 3 - 8 \times 1,348}{7} = 3,17 \text{м}.$$

9. Проверяем расположение светильников в ряду с учетом требований равномерности (4.9):

$$0 \leq 3,17 \leq 1,5 \times 3;$$

$$0 \leq 3,17 \leq 4,5.$$

Требование равномерности выполнено. Результаты расчета приводим на плане здания (рисунок 4.1).

1.6 РАСЧЕТ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК ОТКРЫТЫХ ПРОСТРАНСТВ

Цель занятия

Изучить методику проектирования осветительных установок открытых пространств и получить практические навыки расчета наружного освещения производственных территорий, проезжей части дорог и улиц.

Контрольные вопросы

1. Укажите преимущества и недостатки выполнения осветительных установок открытых пространств прожекторами и светильниками.
2. Укажите координаты, определяющие положение прожектора в освещаемом пространстве.
3. Как определяется оптимальная высота установки прожектора?
4. Разъясните порядок использования метода компоновки изолюкс при расчете прожекторного освещения.
5. Как определить изолюксу на рабочей поверхности при прожекторном освещении?
6. Чем объясняется наличие "мертвого пространства" прожекторном освещении? Как определить его величину?
7. Как приблизительно определять потребное количество прожекторов при расчете осветительной установки методом удельной мощности?
8. Как методом коэффициента использования светового потока определить расстояние между светильниками наружного освещения?
9. Как методом коэффициента использования светового потока определить мощность источников при известном расстоянии между светильниками наружного освещения?
10. Разъясните порядок расчета точечным методом установки наружного освещения.

Литература: [1, 2].

Расчетные формулы

Искусственное освещение открытых пространств может выполняться светильниками наружного освещения и прожекторами.

1) расчет прожекторного освещения

Для освещения больших открытых пространств, при невозможности или нежелательности установки опор, широкое распространение получили прожекторы типов ПЗС, ПСМ, ПЗР, ПКН, ПЗМ, ПФР, ПФС и др.

Основными координатами, определяющими положение прожектора в пространстве, является высота установки H_p , угол наклона θ его оптической оси к горизонту и угол между проекцией оптической оси и условным направлением начала отсчета (азимут).

Наименьшую высоту установки прожектора по условиям максимального ограничения слепящего действия определяют по формуле:

$$H_p \geq \sqrt{\frac{I_{\max}}{M}}, \quad (6.1)$$

где I_{\max} – осевая сила света одного прожектора, кд;

H_p – расчетная высота установки прожектора, м;

M – число, зависящее от нормированной освещенности на объекте (таблица 6.1).

Таблица 6.1 К определению минимальной допустимой высоты установки прожектора

Нормируемая освещенность, лк	0,5	1	2	3	5	10	30	50
M	100	150	250	300	400	700	2100	3500

При изменении угла наклона прожектора значительно изменяются освещенность, форма и площадь светового пятна. Угол наклона прожектора, при котором площадь светового пятна, ограниченная кривой одинаковой заданной освещенности – *изолюксой*, имеет максимальное значение при наименьшей установленной мощности источника, называется наивыгоднейшим.

Значения наивыгоднейшего угла наклона для прожекторов ПЗС-35 и ПЗС-45 в зависимости от произведения eH_p^2 приведены в таблице 7.3, где e – значение освещенности, соответствующее изолюксе.

Значение освещенности изолюкс зависит от количества световых пятен прожекторов, накладываемых на рабочую поверхность для обеспечения требуемой освещенности. При однослойной компоновке

$$e \approx \frac{E_{\min} K_3}{2}, \quad (6.2)$$

где E_{\min} – требуемая освещенность рабочей поверхности;

K_3 – коэффициент запаса, равный 1.5.

Таблица 6.2 Технические параметры прожекторов

Тип прожектора	Тип лампы	Максимальная сила света, ккд	Тип прожектора	Тип лампы	Максимальная сила света, ккд
ПЗС-45	ДРЛ-700	30	ПСМ-50-1	Г220-1000	120
	ДРЛ-400	14		ДРЛ-700	52
	ДРИ-700	600		ДРЛ-400	20
	Г220-1000	130	ПСМ-50-2	ПЖ220-1000	640
ПЗС-35	Г220-500	50	ПСМ-40-1	Г220-500	70
ПЗС-25	Г220-200	16	ПСМ-40-2	ПЖ220-500	280
ПЭМ-35	Г220-500	40	ПСМ-30-1	Г220-200	33
ПЭМ-25	Г220-200	10	ПЗР-400	ДРЛ-400	19
ПКН-1500-1	КГ220-1500	90	ПЗР-250	ДРЛ-250	11
ПКН-1500-2	КГ220-1500	45		Г220-1000	130
ПКН-1100-2	КГ220-1000	30			

Если необходимо создать высокую освещенность и приходится в каждую точку рабочей поверхности направлять два или несколько световых пятен прожекторов, то условную освещенность изолюксы

приближенно определяют как $e \approx \frac{E_{\min} K_3}{2n + 1}, \quad (6.3)$

где n – число наложенных друг на друга исходных изолюкс.

Расчет прожекторного освещения горизонтальных поверхностей осуществляют, в основном, методом компоновки изолюкс. Рабочей характеристикой прожектора в данной методике расчета являются изолюксы на условной плоскости, перпендикулярной оптической оси и удаленной от прожектора на 1 м (рисунок 6.1). Координаты расчетных точек M на горизонтальной плоскости и m на условной плоскости и их освещенности e и E связаны соотношениями:

$$y = \eta \rho H_p, \quad (6.4)$$

$$\varepsilon = e \rho^3 H_p^2. \quad (6.5)$$

Таблица 6.3 Значения наивыгоднейших углов наклона оптической оси прожекторов, соответствующие произведению eH_p^2

Тип прожектора	Мощность и номинальное напряжение лампы	Наивыгоднейшие углы наклона оптической оси							
		8	10	12	15	18	21	24	27
ПЗС-45	1000 Вт,	150...	200...	260...	430...	600...	1000...	1800...	3000...
	200 В	200	280	430	600	1000	1800	3000	4500
ПЗС-35	500 Вт,	75...	120...	180...	300...	420...	680...	900...	1400...
	220 В	120	180	300	420	680	900	1400	2000

Координаты, так же как и входящие в формулу значения ρ и ρ^3 , определяют по таблице 6.4. Причем, если для принятого типа прожектора изолюксы на условной плоскости даны для двух квадрантов, как, например, на рисунке 6.3, то для сочетаний параметров слева от жирной линии в таблице 6.4 следует пользоваться изолюксами нижнего квадранта.

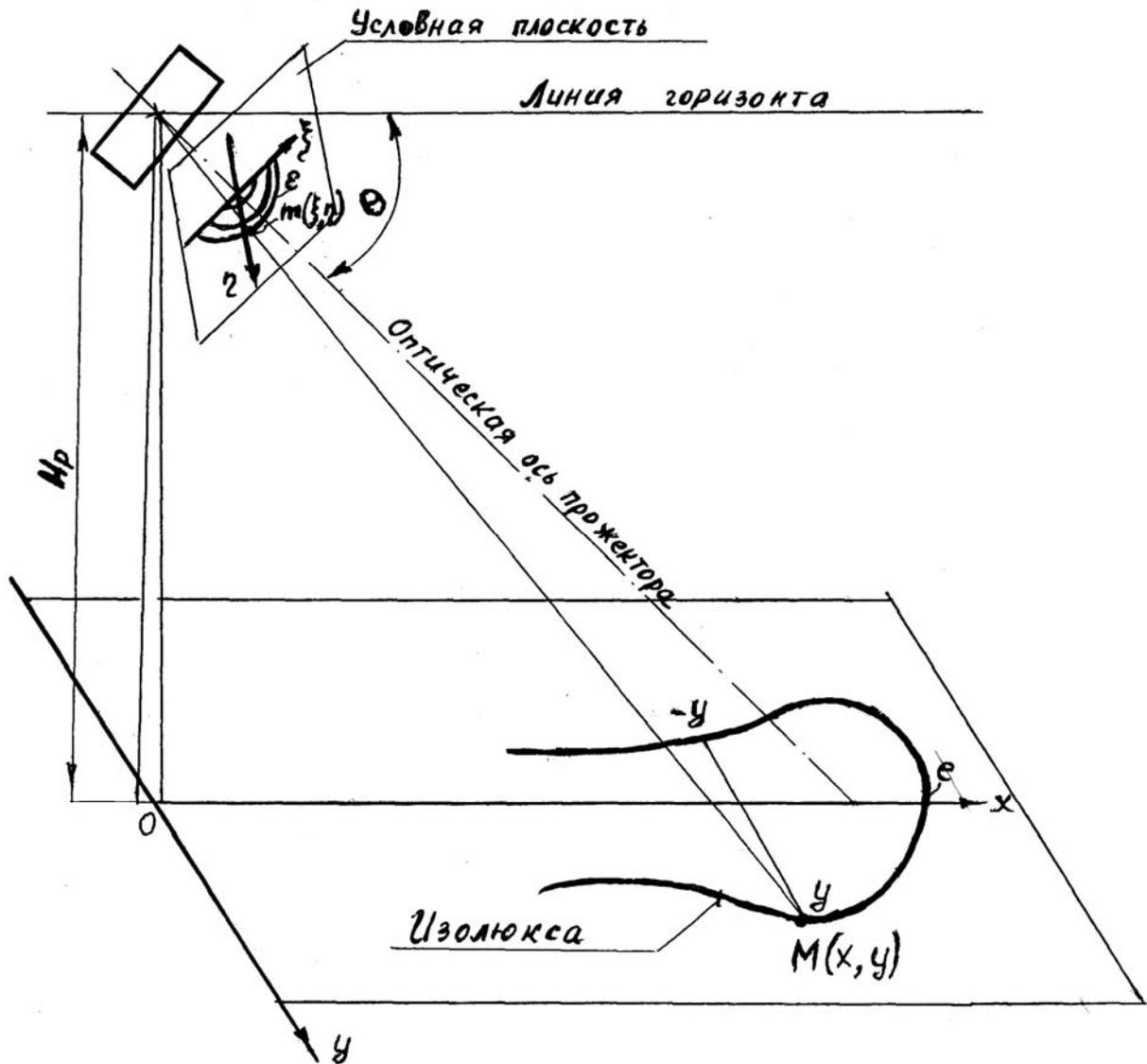


Рисунок 6.1 Схема к построению изолюкс

Построение изолюкс освещенности горизонтальной поверхности e при заданных θ и H_p производят в следующем порядке. Задаваясь

значениями x , кратными $\frac{H_p}{2}$, находят $\frac{x}{H_p}$. Используя таблицу 6.4,

определяют ξ, ρ и ρ^3 , а по формуле (6.5) – ε и далее по графикам изолюкс на условной плоскости для данного типа прожектора (рисунок 6.2, рисунок 6.3) находят η как абсциссу точки, ордината которой равна ξ , а освещенность – ε .

По формуле (6.4) вычисляют значение y , на горизонтальной поверхности строят две точки с координатами (x, y) и $(x, -y)$, соответствующие изолуксе. Последовательно операция повторяется до значения x , при котором необходимая освещенность ε больше ее максимального значения на графике изолукс.

Таблица 6.4 Расчет прожекторного освещения

Угол, θ	Значение ξ (верхнее число), ρ (среднее число), ρ^3 (нижнее число) при значениях $x:H_p$														
	0,25	0,5	0,75	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0	5,5	6	6,5
8	2,47	1,48	1,01	0,75	0,49	0,34	0,25	0,19	0,14	0,11	0,08	0,06	0,04	0,03	0,02
	0,39	0,63	0,88	1,13	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6
	0,06	0,25	0,68	1,42	6,2	9,5	18	30	46	68	97	132	173	225	284
10	2,24	1,34	0,94	0,7	0,44	0,30	0,21	0,15	0,11	0,07	0,05	0,03	0,01	0,01	0,02
	0,42	0,67	0,91	1,16	1,6	2,1	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6
	0,07	0,30	0,76	1,54	6,5	9,8	18	30	48	69	98	132	174	225	284
12	2,05	1,25	0,87	0,65	0,40	0,25	0,18	0,12	0,07	0,04	0,01	0,01	0,03	0,05	0,06
	0,45	0,70	0,94	1,19	1,7	2,2	2,6	3,1	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,6
	0,09	0,34	0,34	1,66	4,7	10	19	31	48	70	98	132	174	225	283
14	1,88	1,17	0,82	0,6	0,36	0,23	0,14	0,08	0,04	0	0,03	0,05	0,07	0,08	0,09
	0,48	0,73	0,97	1,21	1,7	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,6	5,1	5,6	6,1	6,5
	0,11	0,38	0,91	1,77	4,9	10	19	31	48	70	98	132	173	222	280
16	1,73	1,09	0,76	0,56	0,32	0,19	0,10	0,04	0	0,04	0,06	0,09	0,10	0,12	0,13
	0,62	0,79	1,00	1,24	1,7	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,6	5,0	5,6	6,0	6,5
	0,14	0,43	0,99	1,89	5,1	11	19	32	48	70	97	130	172	220	227
18	1,60	1,01	0,70	0,51	0,28	0,15	0,07	0,01	0,04	0,07	0,10	0,12	0,14	0,15	0,17
	0,55	0,78	1,02	1,26	1,7	2,2	2,7	2,2	3,6	4,1	4,6	5,1	5,5	6,0	6,5
	0,16	0,48	1,06	2,0	5,2	11	19	32	48	69	97	130	170	216	272
20	1,48	0,87	0,65	0,47	0,25	0,12	0,04	0,03	0,07	0,11	0,13	0,15	0,17	0,19	0,20
	0,58	0,81	1,05	1,28	1,8	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,6	5,0	5,5	6,0	6,4
	0,19	0,53	1,14	2,1	5,3	11	19	32	48	68	95	128	167	213	267
22	1,37	0,88	0,60	0,42	0,21	0,08	0,01	0,06	0,11	0,14	0,17	0,19	0,21	0,22	0,24
	0,61	0,84	1,07	1,3	1,8	2,2	2,7	3,2	3,6	4,1	4,5	5,0	5,5	5,9	6,4
	0,22	0,59	1,22	2,2	5,6	11	19	31	48	68	94	125	163	210	260

Окончание таблицы 6.4

Угол, θ	Значение ξ (верхнее число, ρ (среднее число), ρ^3 (нижнее число) при значениях $x: N_p$												
	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10	10,5	11	11,5	12	13	14
8	0	0,01	0,02	0,08	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,06	0,07	0,07
	7,1	7,6	8,1	8,6	9,0	9,5	10	10,5	11	11,5	12	13	14
	350	430	520	625	740	860	1020	1170	1350	1530	1740	2200	2700
10	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,08	0,09	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11
	7,1	7,6	8,1	8,5	9,0	9,5	10	10,5	11	11,5	12	13	14
	350	432	520	625	735	860	1010	1160	1340	1520	1720	2180	2700
12	0,07	0,08	0,09	0,10	0,10	0,11	0,11	0,12	0,12	0,13	0,13	0,14	0,14
	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	10	10,5	11	11,5	11,9	12,9	13,9
	350	425	515	620	730	850	995	1150	1320	1500	1700	2150	2700
14	0,11	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,16	0,16	0,17		
	7,0	7,5	8,0	8,5	9,0	9,5	9,9	10,4	10,9	11,4	11,9		
	345	425	512	610	720	845	980	1140	1300	1480	1670		
16	0,14	0,15	0,16	0,17	0,17	0,18	0,18	0,19	0,19	0,20			
	7,0	7,5	8,0	8,4	8,9	9,4	9,9	10,4	10,8	11,3			
	343	415	500	600	710	830	960	1110	1280	1450			
18	0,18	0,19	0,19	0,20	0,21	0,21	0,22	0,22	0,23				
	7,0	7,4	7,9	8,4	8,9	9,3	9,8	10,3	10,8				
	340	410	495	590	700	810	940	1080	1240				
20	0,21	0,22	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26	0,26					
	6,9	7,4	7,9	8,3	8,8	9,3	9,7	10,2					
	330	400	485	580	680	800	920	1060					
22	0,25	0,26	0,27	0,27	0,28	0,29	0,29						
	0,9	7,3	7,8	8,3	8,7	9,2	9,6						
	320	390	470	560	680	770	890						

Результаты расчетов по построению изолюксы целесообразнее представлять по форме таблицы 6.5.

Таблица 6.5 Результаты расчетов для построения изолюксы

x	$x:N_p$	ξ	ρ	ρ^3	ε	η	y
1	2	3	4	5	6	7	8

Далее, исходя из параметров освещаемой площадки, ее особенностей и назначения определяют число и место расположения прожекторных матч, а также число прожекторов, подлежащих установке на каждой из них.

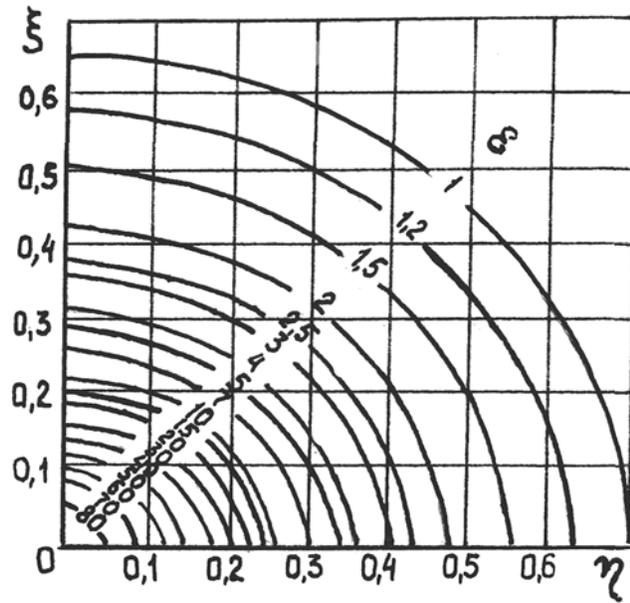


Рисунок 6.2 Изоллюксы на условной плоскости (киллолюксы).
Прожектор ПЗС-45с лампой Г215-225-1000

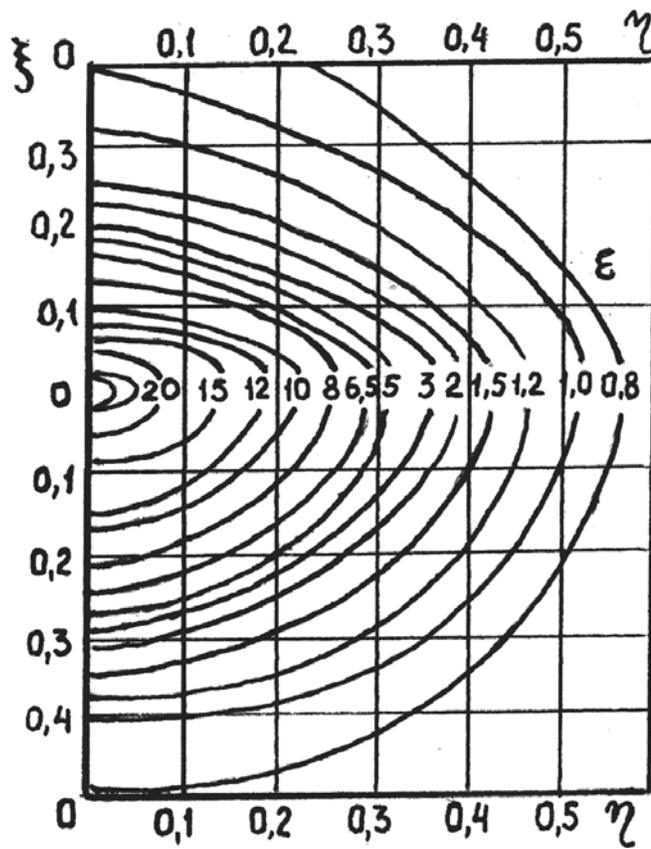


Рисунок 6.3 Изоллюксы на условной плоскости (киллолюксы).
Прожектор ПЗС-35 с лампой Г215-225-500

Таким образом, порядок расчета следующий:

- выбирают тип прожектора и тип источника света;
- определяют высоту установки прожектора для принятой нормируемой освещенности;
- задаются числом наложенных изолюкс и определяют значение освещенности, соответствующее изолюксе;
- определяют наивыгоднейший угол наклона оптической оси прожектора;
- пользуясь таблицей для расчета прожекторного освещения определяют значения коэффициентов ξ , ρ и ρ^3 , для данного угла наклона оптической оси к горизонту и различных значений отношения координаты x изолюксы на реальной плоскости к расчетной высоте H_p ;
- вычисляют соответствующие значения изолюксы ε на условной плоскости;
- по кривым изолюкс на условной плоскости определяют по ξ и ε соответствующие значения координаты η ;
- вычисляют значение координаты y на реальной плоскости;
- строят в масштабе изолюксу на реальной плоскости в координатах x и y ;
- производят компоновку изолюкс на освещаемой площадке, определяют необходимое количество прожекторов.

Иногда, для предварительного приближенного определения необходимой мощности прожекторной установки, расчет ведут по методу удельной мощности. Удельную мощность прожекторного освещения $P_{уд}$, Вт/м² определяют по таблице 6.6, или же по формуле

$$P_{уд} = m E_{min} K_3, \quad (6.6)$$

где m – коэффициент, определяемый по таблице 6.7 в зависимости от нормированной освещенности, типа прожектора и источника света.

Таблица 6.6 Ориентировочные значения удельной мощности прожекторного освещения

Источник света	Ширина освещаемой площадки, м	Удельная мощность общего освещения, Вт·м ⁻² , при нормируемой минимальной освещенности, лк				
		0,5	1,0	2,0	5,0	10,0
Лампы накаливания	75...150	0,85	0,75	0,85	2,10	4,00
	151...300	0,4	0,65	0,70	1,70	3,20
Галогенные лампы накаливания	75...125	0,18	0,45	0,55	1,40	2,70
	126...300	0,15	0,25	0,40	1,00	2,00
ДРЛ	75...250	0,20	0,35	0,50	1,20	2,00
	251...300	0,10	0,30	0,45	1,00	1,80
ДРИ	75...150	0,18	0,25	0,50	0,70	1,30
	151...350	0,13	0,15	0,20	0,45	0,80

Таблица 6.7 Ориентировочные значения коэффициента m

Тип лампы	Тип прожектора	Ширина освещаемой площадки, м	Нормируемая освещенность, лк	
			0,5...1,5	2,0...10,0
Лампа накаливания	ПЗС, ПСМ	75...150	0,90	0,30
		175...300	0,50	0,25
Лампа накаливания с иодным циклом	ПКИ	75...125	0,35	0,20
		150...300	0,20	0,15
ДРЛ	ПЗС, ПЗМ	75...250	0,25	0,13
		275...350	0,30	0,15
ДРИ	ПЗС, ПСМ	75...150	0,30	0,10
		175...350	0,16	0,06

Отыскав требуемое значение удельной мощности $P_{уд}$, определяют общее потребное число прожекторов N для создания на расчетной поверхности заданной освещенности

$$N = \frac{P_{уд} S}{P_{л}} n, \quad (6.7)$$

где $P_{л}$ – мощность лампы в принятом типе прожектора, Вт;

S – площадь освещаемой поверхности, м²;

n – количество слоев компоновки изолюкс, шт.

2) расчет наружного освещения, выполненного светильниками

При освещении открытых узких полос (улиц, дорог, проходов между зданиями и др.), как правило, применяют светильники наружного освещения. В качестве источника света применяют лампы накаливания и газоразрядные лампы низкого и высокого давления. Лампы ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и люминесцентные лампы применяют для освещения дорог и проездов на заводских территориях, а также для городов и поселков – при нормированной освещенности 4 лк и более. Лампы накаливания применяют во всех остальных случаях, включая и охранное освещение территорий.

Для ограничения слепящего действия установок наружного освещения на площадках промышленных предприятий и местах проведения работ, расположенных вне зданий, высоту установки светильников, согласно СНБ 2 04.05-98, выбирают:

- для светильников с защитным углом менее 15° – не менее значений, указанных в таблице 6.8;
- для светильников с защитным углом более 15° – не менее 3,5 м при любых источниках света.

Не ограничивают высоту подвеса светильников с защитным углом 15° и более (или с рассеивателем из молочного стекла) на площадках для прохода людей или обслуживающего технологического оборудования, а также у входа в здание. Венчающие светильники рассеянного света должны устанавливаться на высоте не менее трех метров над уровнем земли при световом потоке источников света до 6000 лм, на высоте не менее четырех метров при световом потоке источников света свыше 6000 лм.

Таблица 6.8 Наименьшая высота установки светильников
наружного освещения

Светораспределение светильников	Наибольший световой поток ламп в светильниках, установленных на одной опоре, лм	Наименьшая высота установки светильников, м	
		с лампами накаливания	с газоразрядными лампами
полуширокое	менее 5000	6,5	7
	5000...10000	7	7,5
	10000...20000	7,5	8
	20000...30000	-	9
	30000...40000	-	10
	свыше 40000	-	11,5
широкое	менее 5000	7	7,5
	5000...10000	8	8,5
	10000...20000	9	9,5
	20000...30000	-	10,5
	30000...40000	-	11,5
	свыше 40000	-	13

Рекомендации по расположению светильников на плане освещаемой полосы или дороги приведены в таблица 6.9.

Таблица 6.9 Рекомендуемые способы расположения светильников для улиц и дорог

Способ расположения светильников	Ширина проезжей части (освещаемой полосы) не более, м
На опорах с одной стороны проезжей части	12
В один ряд на тросах по оси проезжей части	18
На опорах с двух сторон проезжей части, в шахматном порядке	24
То же, в прямоугольном порядке	48
С двух сторон опор, расположенных в один ряд на разделительной полосе проезжей части	24
В два ряда, на тросах, по оси движения в шахматном порядке	36

Расчет освещенности, создаваемой светильниками наружного освещения, может производиться методами коэффициента использования и точечным.

а) метод коэффициента использования светового потока

Коэффициент использования светового потока определяют по таблице 6.10 в зависимости от расположения светильников на освещаемой полосе (рисунок 6.4) по значению b/H_p .

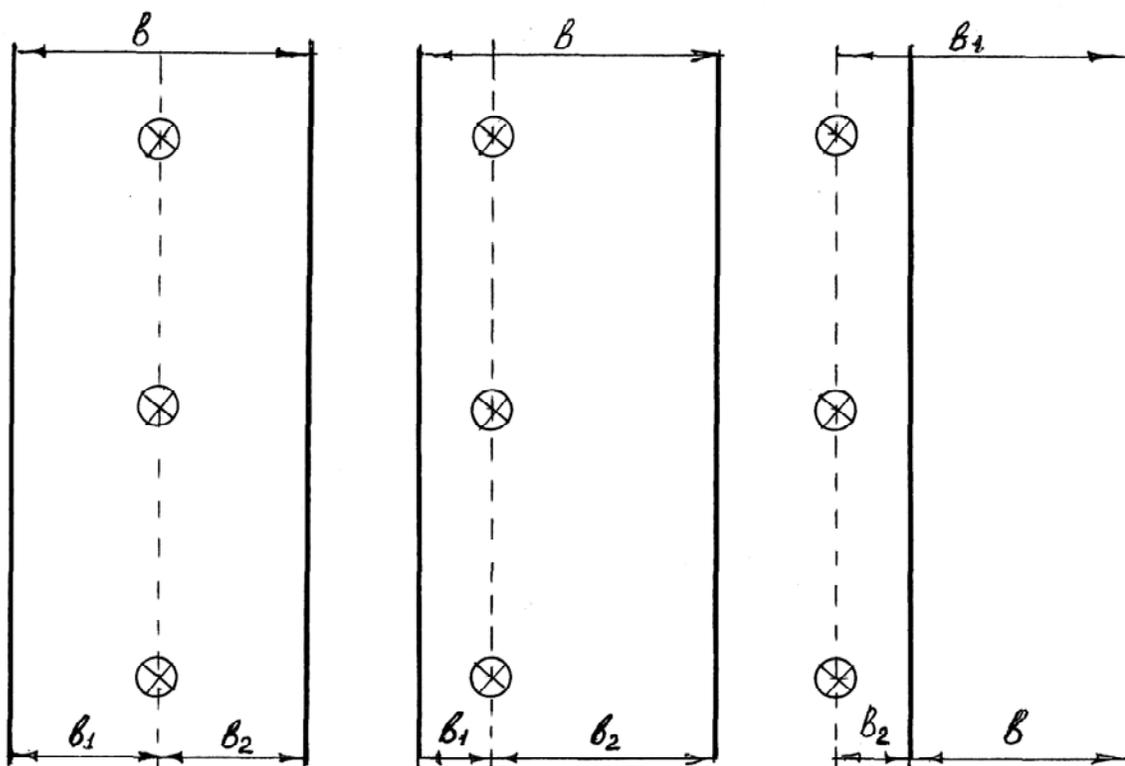


Рисунок 6.4 Схема для определения коэффициента использования светового потока светильников наружного освещения

В первом случае, приведенном на рисунке 6.4, когда светильники размещены по оси освещаемой полосы, суммарный коэффициент использования светового потока одного ряда осветительных приборов равен $\eta = 2\eta_1$, во втором случае $\eta = \eta_1 + \eta_2$ и в третьем случае, когда светильники размещены вне освещаемой полосы, $\eta = \eta_1 - \eta_2$ (η_1 соответствует b_1/H_p , а $\eta_2 - b_2/H_p$).

Таблица 6.10 Значения коэффициента использования светового потока светильников наружного освещения, отн. ед.

Тип светильника	Отношение ширины освещаемой полосы по одну сторону от ряда светильников к высоте их подвеса b/H_p				
	0,5	1,0	2,0	3,0	5,0
РКУ01	0,15	0,22	0,27	0,29	0,30
ЖКУ01	0,17	0,29	0,34	0,35	0,35
РКУ02, ГКУ02, ЖКУ02	0,18	0,28	0,33	0,34	0,35
РСУ05, ГСУ05, ЖСУ05	0,14	0,24	0,26	0,29	0,30
СЭПР-250-МН	0,10	0,19	0,22	0,24	0,25
СПОР-250В, СПОГ-250	0,10	0,18	0,24	0,28	0,28
СКЗПР-400	0,11	0,19	0,25	0,29	0,30
СПО-200	0,11	0,14	0,24	0,29	0,33
СПЗЛ	0,09	0,16	0,19	0,21	0,22
СКЗЛ	0,10	0,13	0,20	0,22	0,24
РТУ01	0,10	0,13	0,15	0,16	0,16
РТУ02	0,09	0,13	0,14	0,14	0,14
РТУ04	0,10	0,13	0,14	0,15	0,15
РТУ05	0,05	0,09	0,14	0,14	0,14

Пролет между опорами для создания нормируемой освещенности E_{\min} определяют по формуле:

$$L = \frac{\sum_{i=1}^{N_2} \Phi_{\text{ли}} \eta_i}{E_{\min} b K_3}, \quad (6.8)$$

где $\Phi_{\text{ли}}$ – световой поток всех ламп, установленных на одной опоре i -го ряда, лм;

K_3 – для ламп накаливания равен 1,3, а для газоразрядных ламп – 1,5;

b – ширина освещаемой площади, м;

L – расстояние между опорами, м;

N_2 – число рядов осветительных приборов вдоль освещаемой полосы.

б) *точечный метод*

Расчет освещенности точечным методом производят с использованием кривых относительной освещенности ε (рисунок 6.5).

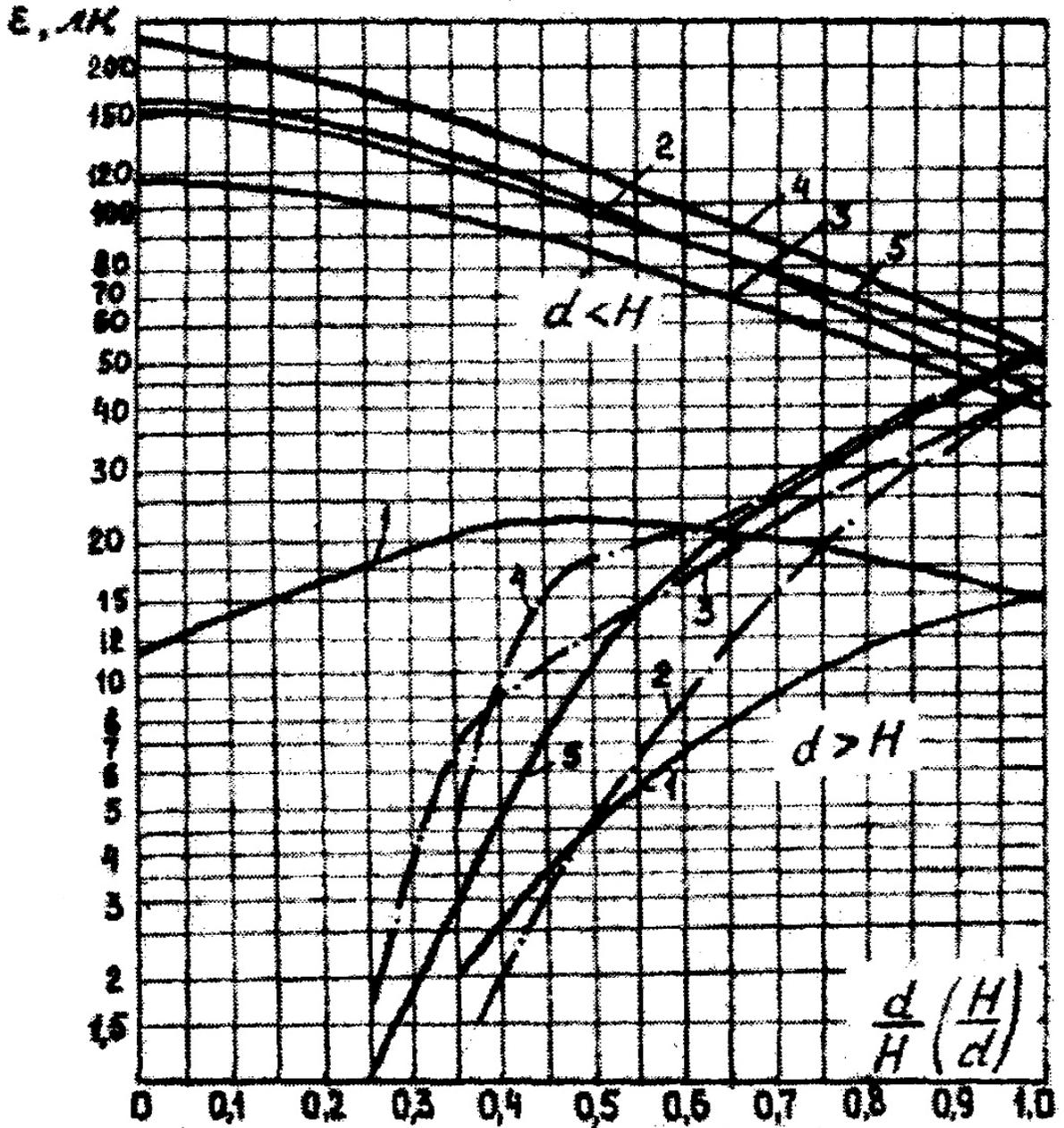


Рисунок 6.5 Кривые относительной освещенности.
Светильники: 1 – СВ и СВР; 2 – СПОР; 3 – СПО-2-200;
4 – СПП-200М; 5 – СПО-200

Относительную освещенность ε в контрольной точке (рисунок 6.6) определяют из графиков (рисунок 6.5) для принятого типа светильника по отношению d/H_p , где d – кратчайшее расстояние от рассматриваемой точки до точки проекции светильника на освещаемую горизонтальную поверхность.

Для принятого расположения светильников намечают контрольную точку А в соответствии с рекомендациями рисунок 6.6. Определяют необходимый световой поток $\Phi_{ли}$ ламп (таблица П.2.2 – П.2.4) [4], установленных на опоре i -го ряда. Затем определяют значение относительной освещенности в контрольной точке по формуле:

$$\Sigma \varepsilon = \frac{1000 E_{\min} K_3 H_p^2}{\mu \Phi_{ли}}, \quad (6.9)$$

где μ – коэффициент добавочной освещенности, создаваемой в контрольной точке удаленными светильниками ($\mu \geq 1$).

Пользуясь формулами, приведенными на рисунке 6.6, определяют относительную освещенность ε_1 , создаваемую в контрольной точке светильниками ближайшей опоры.

При шахматном расположении светильников (рисунок 6.6 в, д) условную освещенность ε_0 в контрольной точке определяют по отношению d_0/H_p или H_p/d_0 (рисунок 6.5), вычислив предварительно расстояние d_0 от соответствующей проекции светильника на горизонтальную поверхность до контрольной точки.

Затем на рисунке 6.5 по ε_1 находят значение d/H_p или H_p/d и вычисляют из этого отношения требуемое расстояние d от контрольной точки до проекции ближайшего светильника при известном значении H_p .

Необходимое расстояние между опорами L вычисляют по соответствующей формуле на рисунке 6.6.

Таким образом, порядок расчета наружного освещения, выполненного светильниками, следующий:

- по СНБ 2 04 05-98 определяют нормируемую освещенность;
- задаваясь типом светильников, определяют высоту их установки;
- при освещении улиц и дорог, определяют рекомендуемый способ расположения светильников и количество рядов светильников.

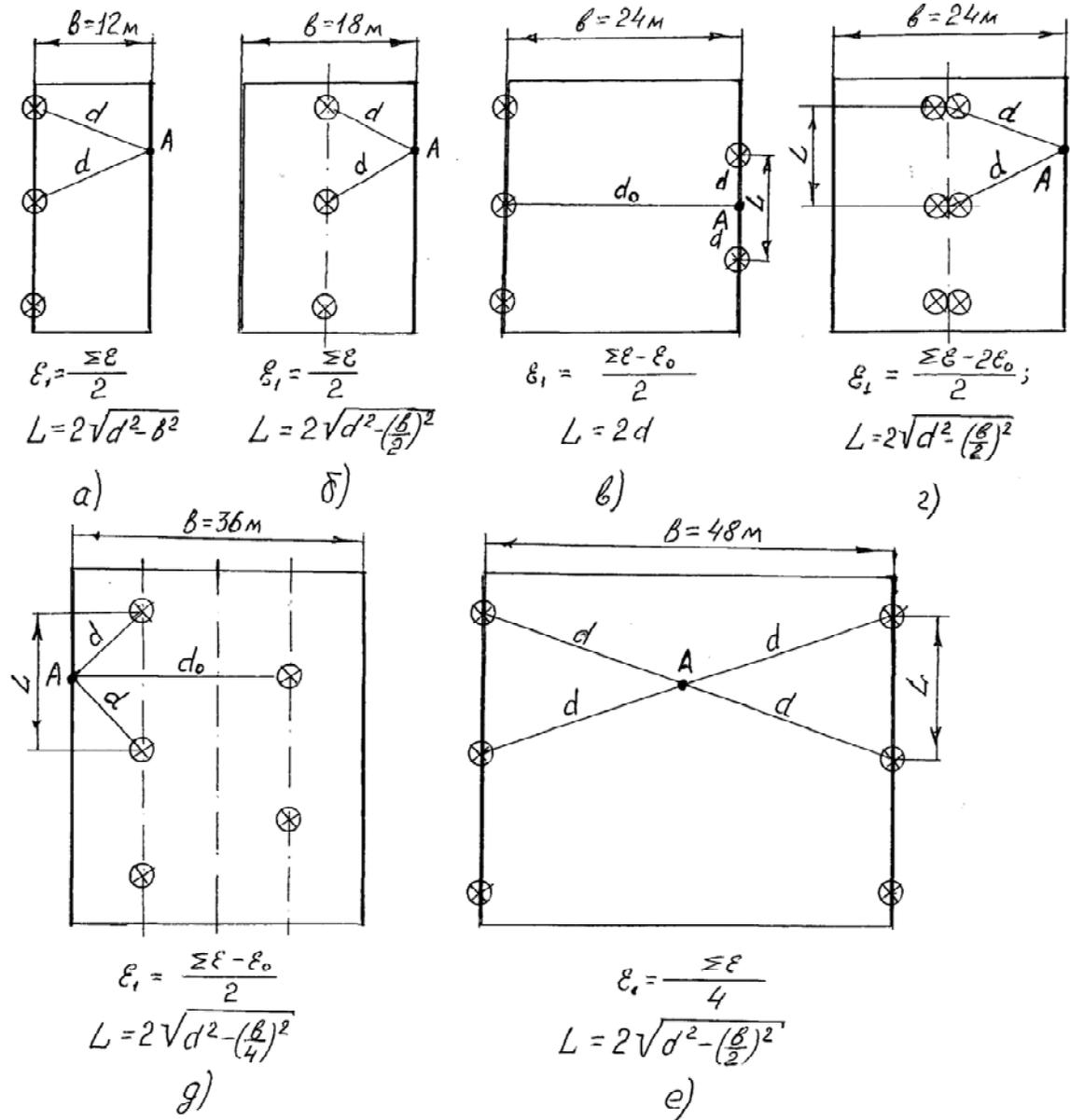


Рисунок 6.6 К определению контрольной точки для разных схем расстановки светильников

Далее последовательность расчета зависит от принятого метода расчета:

а) метод коэффициента использования светового потока

– задаются типом и мощностью источников света в светильнике и определяют номинальный поток лампы;

– определяют коэффициент использования светового потока светильников (таблица 6.9);

– вычисляют пролет между опорами в ряду (формула 6.8).

б) точечный метод

– намечают контрольные точки (точка с минимальной освещенностью) на освещаемой площадке и определяют световой поток $\Phi_{\text{н}}$ всех ламп, установленных на одной опоре i -го ряда. Требуемое значение относительной освещенности в контрольной точке определяют по формуле (6.9);

– пользуясь формулами, приведенными на рисунке 6.6 определяют относительную освещенность ε_1 , создаваемую в контрольной точке светильниками ближайшей опоры;

– затем по кривым на рисунке 6.5 по ε_1 находят значение d/H_p или H_p/d и вычисляют из этого отношения требуемое расстояние d от контрольной точки до проекции ближайшего светильника при известном значении H_p .

– вычисляют необходимое расстояние между опорами L по соответствующей формуле на рисунке 6.6.

Исходные данные

Задача 6.1

Произвести расчет прожекторного освещения открытой площадки. Исходные данные для решения задачи принять по таблице 6.11 в соответствии с заданным преподавателем вариантом. тип прожектора – ПЗС-45.

Задача 6.2

Произвести расчет освещения светильниками открытой площадки. Исходные данные для расчета принять по таблице 6.12 в соответствии с заданным преподавателем вариантом. Световой поток ламп принять равным: Г215-225 – 200 – 2920 лм; ДРЛ-250 – 13000 лм; ДРЛ-400 – 23000 лм; ДРИ-250 – 10000 лм; ДРИ-400 – 25000 лм; ДНаТ-250 – 25000 лм; ДНаТ-400 – 47000 лм.

Таблица 6.11 Варианты исходных данных к задаче 6.1

Вариант	Исходные данные		Вариант	Исходные данные	
	Размеры площадки, м	Нормированная освещенность, лк		Размеры площадки, м	Нормированная освещенность, лк
1	200x50	2	14	200x50	4
2	100x75	4	15	100x75	2
3	100x100	4	16	100x100	2
4	75x75	6	17	75x75	4
5	75x50	10	18	75x50	6
6	50x50	10	19	50x50	6
7	150x100	4	20	150x100	2
8	150x150	4	21	150x150	2
9	200x150	4	22	200x150	2
10	200x200	2	23	200x200	4
11	250x200	4	24	250x200	2
12	250x250	2	25	250x250	4
13	200x100	4	26	200x100	2

Таблица 6.12 Варианты исходных данных к задаче 6.2

Вариант	Тип светильника	Размеры площадки, м		Нормированная освещенность, лк
		ширина	длина	
1	СПО-200	12	80	2
2	РКУ01-250	18	100	4
3	РКУ01-400	24	120	6
4	ЖКУ01-400	45	150	10
5	СПО-200	12	150	2
6	РКУ02-250	18	120	4
7	ЖКУ02-250	24	199	10
8	РСУ05-250	48	80	6
9	РСУ05-250	12	100	2
10	ГСУ05-250	18	80	2
11	ЖКУ05-250	24	150	6
12	СПО-200	48	120	6
13	РКУ02-250	12	80	2
14	ГКУ02-250	18	100	4
15	ГКУ02-400	24	150	10
16	ЖКУ02-400	48	120	6
17	СПО-200	12	120	2
18	ГКУ01-400	24	150	6
19	ЖКУ01-250	18	200	6
20	РКУ01-400	48	150	6
21	РТУ05-250	12	120	2
22	РКУ02-250	18	150	4
23	ГКУ02-250	24	200	6
24	ЖКУ02-400	48	200	6
25	РТУ01-250	12	100	2
26	СПО-200	48	150	2

Методика расчета

Задача 6.1

Произведем расчет для 26 варианта.

1. Принимаем в качестве источника света в прожекторе ПЗС-45 лампу накаливания Г215-225-1000 (см. таблицу 6.2).

2. По таблице 6.1 определяем для $E_n = 2$ лк значение числа $M = 250$.

3. Осевая сила прожектора (таблица 6.2): $I_{\max} = 130$ ккд.

4. Высота установки прожектора (6.1): $H_p = \sqrt{\frac{130000}{250}} = 22,8$ м.

5. Так как на площадке предполагается хранение громоздкой сельскохозяйственной техники, то с целью обеспечения необходимого качества освещения (уменьшения резких теней) принимаем двухслойную компоновку изолюкс. Тогда условная освещенность изолюксы (6.3)

$$e = \frac{2 \times 1,5}{2 \times 2 + 1} = \frac{3}{5} = 0,6 \text{ лк}.$$

6. Определяем произведение $eH_p^2 = 0,6 \times 22,8^2 = 311,904$ лк \cdot м²,

и по таблице 6.3 находим наивыгоднейший угол наклона оптической оси прожектора к горизонту $\theta = 12^\circ$.

7. По таблице 6.4 определяем значения коэффициентов ξ, ρ, ρ^3 и вычисляем соответствующие величины. Результаты расчетов представляем в таблице 6.13.

8. Строим изолюксу на реальной площадке в координатах x и y (рисунок 6.7). Из этого рисунка видно, что опора прожектора должна находиться на расстоянии 40 м от освещаемой площадки. Площадь, освещаемая одним прожектором, $S = 55 \times 22 = 1210$ м².

Таблица 6.13 Результаты расчета прожекторной установки

X, м	$\frac{x}{H_p}$	ξ	ρ	ρ^3	ε , клк	η	y, м
5,7	0,25	2,05	0,45	0,09	0,028	-	-
11,4	0,5	1,25	0,70	0,34	0,106	-	-
17,1	0,75	0,87	0,94	0,84	0,262	-	-
22,8	1,0	0,65	1,19	1,66	0,518	-	-
34,2	1,5	0,40	1,7	1,7	0,530	-	-
45,6	2,0	0,25	2,2	10	3,12	0,15	8,0
57	2,5	0,18	2,6	19	5,93	0,19	11,3
68,4	3,0	0,12	3,1	31	9,67	0,15	10,6
79,8	3,5	0,07	3,6	48	14,97	0,10	8,2
91,2	4,0	0,04	4,1	70	21,83	0,04	3,8
102,6	4,5	0,01	4,6	98	30,57	-	-
114	5,0	0,01	5,1	132	41,17	-	-
125,4	5,5	0,03	5,6	174	54,27	-	-
136,8	6,0	0,05	6,1	225	70,18	-	-
148,2	6,5	0,05	6,6	283	88,27	-	-
159,6	7,0	0,07	7,0	350	109,17	-	-

9.Необходимое количество прожекторов для освещения площадки:

$$N = \frac{ABn}{S} = \frac{200 \times 100 \times 2}{1210} = 33,1; \quad \text{принимаем } 33,$$

где n – число слоев компоновки изолюкс.

10. Проверяем результаты расчета методом удельной облученности.
 Удельная мощность освещения (таблица 6.6) $P_{уд} = 0,7 \text{ Вт} \times \text{м}^{-2}$.

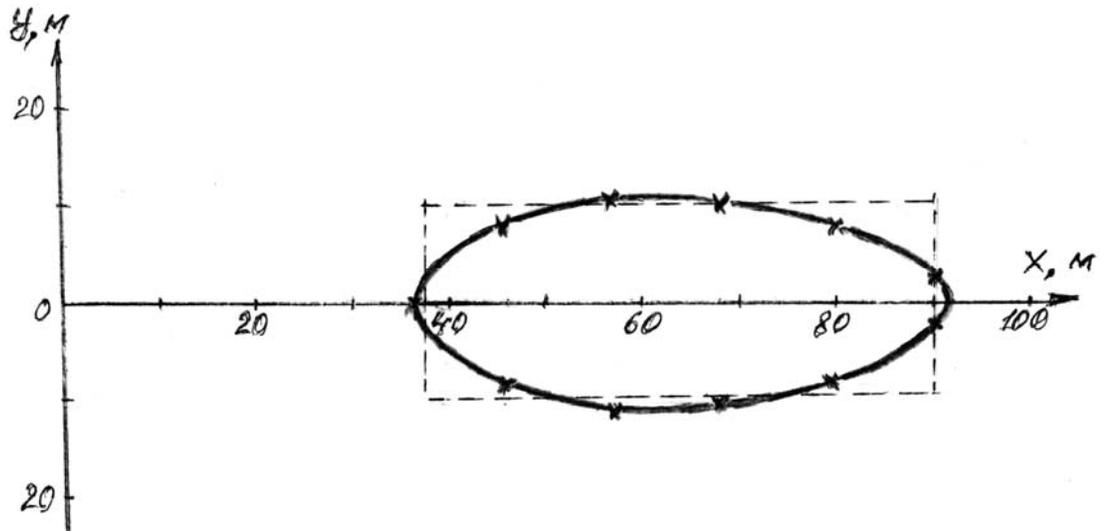


Рисунок 6.7 Расчетная изолюкса прожектора ПЗС-45

Требуемое количество прожекторов (6.7):

$$N = \frac{0,7 \times 200 \times 100 \times 2}{1000} = 28 \text{ шт.}$$

Задача 6.2

Произведем расчет для 26 варианта.

1. Определяем высоту установки светильников. Светильник типа СПО-200 имеет лампу Г220-230-200 для которой $\Phi_{л} = 2920 \text{ лм}$. По таблице 6.8 определяем $H_p = 6,5 \text{ м}$.

2. По таблице 6.9 определяем в зависимости от ширины освещаемой полосы, рекомендуемый способ расположения светильников: в один ряд на тросах по оси проезжей части (см. рисунок 6.6).

3. Произведем светотехнический расчет данной установки двумя методами.

Метод коэффициента использования светового потока

1. Определяем расстояние $b_1=b_2=9\text{м}$ и отношение

$$\frac{b_1}{H_p} = \frac{b_2}{H_p} = \frac{9}{6,5} = 1,32.$$

Для полученного отношения определяем коэффициент использования светового потока по таблице 6.10 и интерполируем

$$\eta = \eta_1 + \eta_2 = 0,21 + 0,21 = 0,42.$$

2. Определяем пролет L между опорами (см. рисунок 6.6) по формуле (6.8):

$$L = \frac{2920 \times 0,42}{2 \times 18 \times 1,3} = 26,2 \approx 26\text{м}.$$

Точечный метод

1. В соответствии с принятым расположением светильников намечаем контрольную точку A , как показано на рисунок 6.6, б.

2. Световой поток всех ламп, установленных на одной опоре ряда, равен:

$$\Phi_{\text{ли}} = \Phi_{\text{л}} = 2920\text{лм},$$

так как в нашем случае на опоре установлен один светильник.

3. Требуемое значение относительной освещенности в контрольной точке (6.9)

$$\Sigma \varepsilon = \frac{1000 \times 2 \times 1,3 \times 6,5^2}{1,4 \times 2920} = 26,8\text{лк}.$$

4. Относительная освещенность от светильника на ближайшей опоре (рисунок 6.6, б):

$$\varepsilon_1 = \frac{26,8}{2} = 13,4\text{лк}.$$

5. Из графика на рисунке 6.5 находим требуемое значение отношения:

$$\frac{H_p}{d} = 0,52.$$

6. Необходимое расстояние от контрольной точки до ближайшего светильника

$$d = \frac{H_p}{0,52} = \frac{6,5}{0,52} = 12,5\text{м}.$$

7. Необходимое расстояние между опорами (рисунок 6.6, б)

$$L = 2 \sqrt{12,5^2 - \left(\frac{18}{2}\right)^2} = 17,35 \approx 17\text{м}.$$

1.7 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Цель занятия

Ознакомиться с последовательностью рассмотрения вопросов при проектировании электрической части осветительных установок, получить практические навыки выбора схем питания и компоновки осветительной сети, обоснования способа прокладки и марок проводникового материала, компоновки групп групповых щитков и их рационального размещения.

Контрольные вопросы

1. Перечислить последовательность выполнения операций при расчете электрической сети осветительных установок.
2. Как производится выбор напряжения питания электрической сети?
3. Перечислить схемы выполнения питающих сетей осветительных установок и объяснить их рациональное применение.
4. Как определяют требуемое количество групповых осветительных щитков?
5. Как определить требуемое количество групп в групповом осветительном щитке?
6. По каким параметрам выбирают групповой осветительный щиток?
7. Как определяют место установки группового осветительного щитка?
8. Как производят выбор марок проводов и кабелей и способов их прокладки для осветительной сети?

Литература [1, 2, 3, 4]

Расчетные формулы

При разработке проекта электрической части придерживаются следующей последовательности рассмотрения основных вопросов: выбор напряжения и схемы питания электрической сети; определение мест расположения групповых щитков и трасс сети; выбор марки проводов и способов прокладки сети, расчет и проверка сечения проводников электрической сети, выбор защиты сети от аварийных режимов, составление принципиальной схемы электрической сети; составление сметы спецификации, разработка специальных мероприятий (по охране труда, эксплуатации, экономии электрической энергии).

а) выбор напряжения и схемы питания электрической сети

В общем случае, выбор напряжения электрической сети осветительной установки определяется степенью опасности поражения людей и животных электрическим током в рассматриваемом помещении.

В помещениях без повышенной опасности напряжение 220 В допускается для всех светильников общего назначения независимо от высоты их установки.

В помещениях с повышенной опасностью и особо опасных при установке светильников с лампами накаливания более 2,5 м над полом или обслуживающей площадкой также допускается напряжение 220 В. При высоте подвеса меньше 2,5 м должны применяться светильники, конструкция которых исключает возможность доступа к лампе без специальных приспособлений, либо напряжение должно быть не выше 42 В. Разрешается установка светильников с люминесцентными лампами на высоте менее 2,5 м при условии, что их контактные части будут недоступны для случайных прикосновений.

Светильники местного стационарного освещения с лампами накаливания в помещениях без повышенной опасности должны питаться напряжением 220 В, а в помещениях с повышенной опасностью и особо опасных – не выше 42 В. При этом применяют трансформаторы типа ОСОВ–0.25 и ТСЗИ.

В случаях, если опасность поражения электрическим током усугубляется теснотой, неудобным положением работающего, соприкосновением с большими металлическими, хорошо заземленными поверхностями, питание переносных светильников должно осуществляться напряжением не выше 12 В.

Наиболее часто для питания электрического освещения в сельскохозяйственном производстве применяют систему трехфазного тока с глухим заземлением нейтрали напряжением 380/220 В. Источники света при этом подключают, как правило, на фазное напряжение. Газоразрядные лампы высокого давления (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ, ДКсТ и др.) рассчитанные на напряжение 380 В, допускается подключать на линейное напряжение системы 380/220 В.

Осветительные сети, прокладываемые от источников питания до потребителей, состоят из групповых и питающих линий. Групповые линии прокладывают от групповых щитков до светильников и штепсельных розеток. К питающим линиям относят участки сети от источника питания до групповых щитков.

Питающие линии обычно выполняют пяти проводными (трехфазными), а групповые – трех, четырех и пяти проводными в зависимости от нагрузки и длины.

По схеме питающие линии могут быть магистральными, радиальными или радиально-магистральными. Наиболее широкое распространение в сельскохозяйственном производстве нашли радиальные и радиально-магистральные схемы.

Схему питания осветительной установки выбирают из следующих условий: надежность электроснабжения; экономичность (минимальные капитальные и эксплуатационные затраты); удобство в управлении и простота эксплуатации.

Радиальные сети по сравнению с магистральными имеют меньшие сечения проводов, меньшие зоны аварийного режима при неис-

правности в питающих сетях, но большую общую протяженность. Необходимость применения радиальной сети может быть также вызвана условиями взаимной планировки мест подстанций и осветительных щитков, при которых трасса магистральной питающей сети будет чрезмерно удлинена.

Применение чисто магистральной сети также не всегда целесообразно. В целях сокращения общей протяженности сети магистральные линии могут совмещаться и заменяться одной радиальной линией. В месте дальнейшего разветвления линии устанавливают распределительный пункт, от которого могут отходить как магистральные, так и радиальные групповые линии.

При планировке сети возможны различные варианты ее выполнения, даже в пределах одной радиально-магистральной системы. Когда преимущество одного варианта неочевидно, тогда необходимо прибегать к технико-экономическому сопоставлению вариантов.

б) выбор групповых щитов, определение их места расположения и разбивка трассы сети

Количество групповых щитков для осветительной установки определяют исходя из размеров здания (длины А и ширины В) и рекомендуемой протяженности групповых линий: трехфазных пяти проводных линий системы 380/220 В равной 80 м, а для системы 220/127 В – 60 м и, соответственно, трех проводных однофазных групповых линий – равной 35 и 25 м.

Однофазные групповые линии целесообразно применять для небольших помещений (в конторах, жилых зданиях), а также для средних при установке светильников с лампами накаливания мощностью до 200 Вт и светильников с люминесцентными лампами. Применение трехфазных групповых линий экономично в больших помещениях (птичниках, коровниках и т.д.), освещаемых как лампами накаливания, так и газоразрядными лампами.

Ориентировочное количество групповых щитков можно определить по формуле:

$$n_{щ} = \frac{\sqrt{A^2 + B^2}}{2r}, \quad (7.1)$$

где $n_{щ}$ – рекомендуемое количество групповых щитков, шт;

A, B – длина и ширина здания, м;

r – рекомендуемая протяженность групповой линии, м.

Для уменьшения протяженности и сечения проводов групповой сети, щитки устанавливают, по возможности, в центре электрической нагрузки, координаты которого можно определить по формулам:

$$x_{ц} = \frac{\sum P_i x_i}{\sum P_i}; \quad y_{ц} = \frac{\sum P_i y_i}{\sum P_i}, \quad (7.2)$$

где $x_{ц}, y_{ц}$ – координаты центра электрических нагрузок в координатных осях x, y ;

P_i – мощность i -й электрической нагрузки, кВт;

x_i, y_i – координаты i -й электрической нагрузки в координатных осях x, y .

При выборе мест установки групповых осветительных щитков учитывают также и то, что групповые щитки, предназначенные для управления источниками оптического излучения, устанавливаются в местах, удобных для обслуживания – проходах, коридорах и на лестничных клетках. Щитки, имеющие отключающие аппараты, устанавливают на доступной для обслуживания высоте (1,8...2,0 м от пола).

При компоновке внутренних сетей светильники объединяют в группы так, чтобы на одну фазу группы приходилось не более 20 ламп накаливания, ДРЛ, ДРИ, ДНаТ и розеток, или 50 люминесцентных ламп.

Осветительные щитки выбирают в зависимости от количества групп, схемы соединения, аппаратов управления и защиты, а также по условиям среды, в которых они будут работать.

В зависимости от условий среды в помещениях, применяют групповые щитки незащищенные, защищенные и защищенные с уплотнением. Защищенные с уплотнением щитки предназначены для установки в производственных помещениях с тяжелыми условиями среды.

Прокладка сети по геометрически кратчайшим трассам практически невозможна или нецелесообразна по причинам конструктивного и технологического характера. Трасса открытой проводки, как по конструктивным, так и по эстетическим соображениям должна намечаться параллельно и перпендикулярно основным плоскостям помещений. Только при скрытой проводке на горизонтальных плоскостях следует применять прямолинейную трассировку между фиксированными точками сети.

Выбранные трассы питающих и групповых линий, места установки групповых щитков, светильников, выключателей и розеток наносят на план помещения согласно условным обозначениям, принятым в ГОСТ 21.608-84 и ГОСТ 2.754-72.

в) выбор марки проводов и кабелей и способов их прокладки

Осветительную электропроводку рекомендуется выполнять проводами и кабелями с алюминиевыми жилами. С медными жилами ее выполняют только во взрывоопасных помещениях классов В-1 и В-1а. Гибкие кабели с медной жилой и резиновой изоляцией марки КГ применяют для подключения переносных или передвижных источников оптического излучения.

При проектировании сельскохозяйственных объектов следует применять следующие способы прокладки электропроводок: на тросе; на лотках и в коробах; в пластмассовых и стальных трубах; металлических и резинотехнических гибких рукавах; в каналах строительных

конструкций; проводом и кабелем по строительным основаниям и конструкциям.

При выборе того или иного способа прокладки электропроводки, необходимо учитывать условия среды помещения, строительные особенности помещения, архитектурно-художественные требования и, наконец, экономические показатели.

В зависимости от места прокладки способ прокладки проводов и кабелей выбирают по таблицам П.3.6, П.3.7 [4].

Исходные данные

Для заданного варианта исходных данных (вариант задается преподавателем) решить следующую задачу.

Задача 7.1

Выполнить проект электрической сети осветительной установки здания свинарника для опоросов на 60 маток. Результаты светотехнического расчета осветительной установки для различных помещений свинарника приведены на рисунок 4.1. Принятые типы светильников, параметры их компоновки в помещениях свинарника даны в таблица 3.3 – 3.4.

Методика расчета

1. Выбор напряжения и схемы питания электрической сети

В помещениях свинарника отсутствуют переносные светильники и светильники местного освещения, высота подвеса светильников общего освещения не менее 2,5 м от пола. Помещения свинарника являются особо опасными. В соответствии с требованиями ПУЭ, допускается применение напряжения 220 В, при этом конструкция светильника должна исключать доступ к лампе без специальных приспособлений (для светильников с лампами накаливания) и случайное прикосновение к контактными частям (для светильников с люминесцентными лампами).

Применяем систему трехфазного тока с глухим заземлением нейтрали напряжением 380/220 В с подключением источников света на фазное напряжение, что позволит выполнить силовую и осветительную сеть на едином напряжении без использования специальных понижающих трансформаторов.

Учитывая сравнительно небольшие размеры здания, установку в нем небольшого числа групповых осветительных щитов, а также обеспечение более высокой надежности электроснабжения, принимаем радиальную схему питания осветительной установки.

2. Выбор групповых щитов, определение их места расположения и разбивка трассы сети

В соответствии с заданным вариантом вычерчиваем план здания (рисунок 7.1) в определенном масштабе. На плане наносим в виде условных обозначений светильники (ряды светильников). Принимаем щиток с однофазными группами, для которых рекомендуемая протяженность групповых линий $r=35$ м.

По формуле (7.1) вычисляем требуемое количество групповых щитков. Принимаем один щиток. Для определения места его установки рассчитываем координаты центра электрической нагрузки. Исходя из количества светильников и мощности ламп в них, в каждом помещении определяем установленную мощность.

Приняв, что нагрузка каждого помещения сосредоточена в его центре и построив оси координат, как показано на рисунке 7.1, определим координаты центров всех помещений.

По формуле (7.2) определим координаты центра электрической нагрузки всего здания.

С учетом данного центра электрических нагрузок с целью обеспечения удобства обслуживания и экономии проводникового материала размещаем групповой щиток на стене, как показано на рисунке 7.1, максимально близко к центру электрической нагрузки.

Определяем требуемое количество групповых линий в групповом щитке:

а) исходя из количества ламп в здании, количество однофазных групп определяем по формуле:

$$n = \frac{N_{\text{л.н.}}}{20} + \frac{N_{\text{л.л.}}}{50},$$

где $N_{\text{л.н.}}$ – общее число ламп накаливания, шт;

$N_{\text{л.л.}}$ – общее число люминесцентных ламп, шт;

б) приняв управление освещением в помещении № 1 автоматическими выключателями, установленными в групповом щитке, исходя из удобства управления светильниками, обеспечения энергосбережения путем отключения рядов светильников, параллельных окнам, принимаем 3 групповые линии для рабочего освещения и одну групповую линию для дежурного освещения в помещении № 1. В остальных помещениях (№ 2...9) подключаем светильники к отдельной однофазной групповой линии.

Выбираем из таблицы П.3.8 [4] групповой щиток (в зависимости от количества групп, аппаратов защиты, условий среды в помещении, где он будет установлен, вида установки) ЯРН-8501-3812 с шестью однополюсными автоматическими выключателями.

На плане помещения намечаем трассы прокладки сетей (см. рисунок 7.1), места установки выключателей, обозначаем номера групп и приводим данные светильников. Число проводов на участках более двух обозначаем косыми черточками (количество черточек соответствует числу жил).

3. Выбор марки проводов и кабелей и способов их укладки

Осветительную проводку выполняем проводами и кабелями с алюминиевыми жилами. Сортамент установочных проводов и кабелей, применяемых в сельскохозяйственном производстве приведен в таблице П.3.1...П.3.3 [4]. Исходя из данных таблицы П.1.1, П.1.2.1, П.1.2.2 [4], определяем категории помещений по условиям окружающей среды.

Принимаем вид электропроводки – открытая по несгораемым поверхностям непосредственно, а в помещении № 1 – на тросах. Исходя из сортамента, выбираем марку кабеля АВВГ.

Исходя из плана здания (рисунок 7.1), намеченных трасс прокладки осветительной сети, составляем расчетную схему (рисунок 7.2).

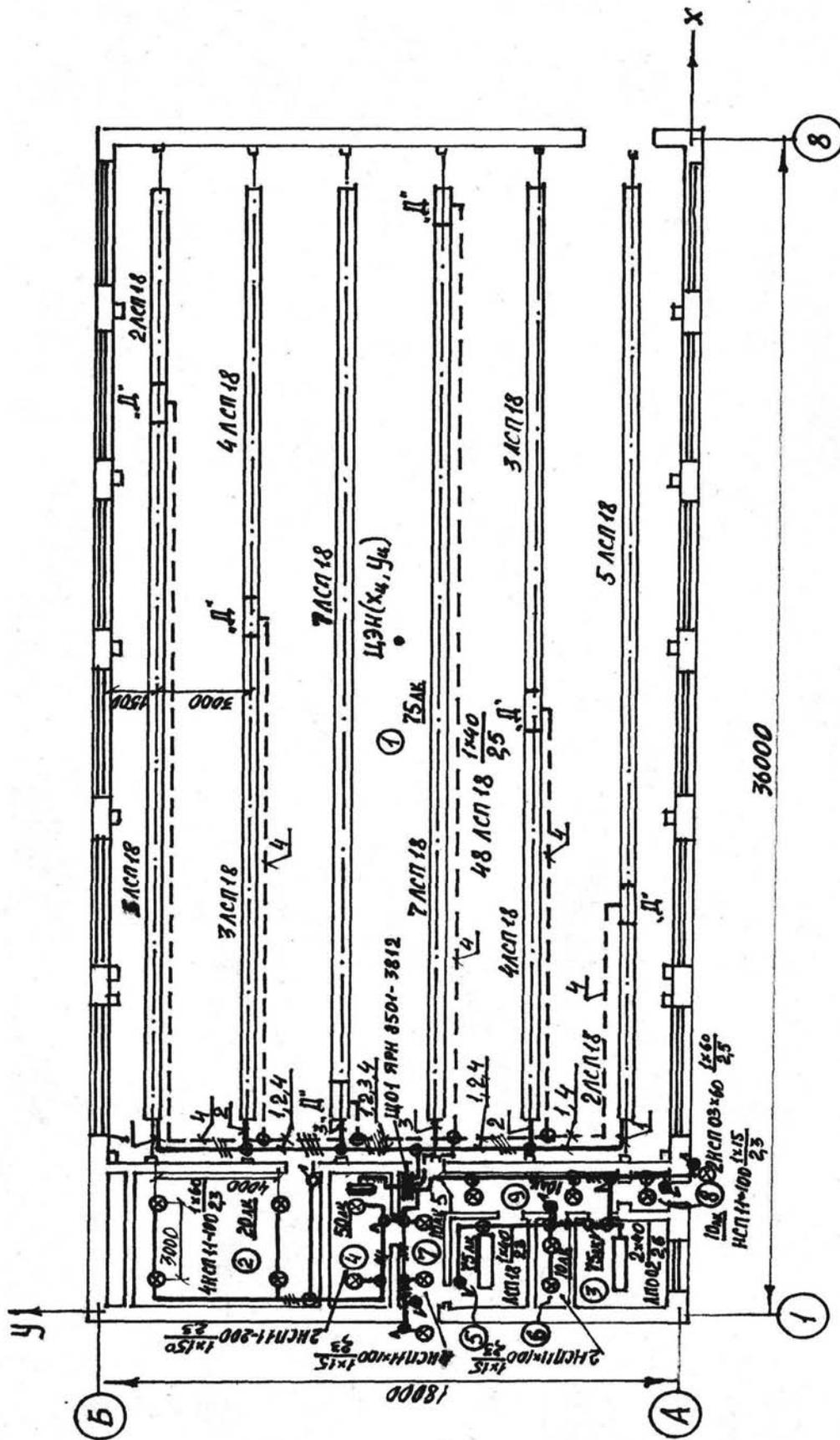


Рисунок 7.1 План с расположением осветительной установки

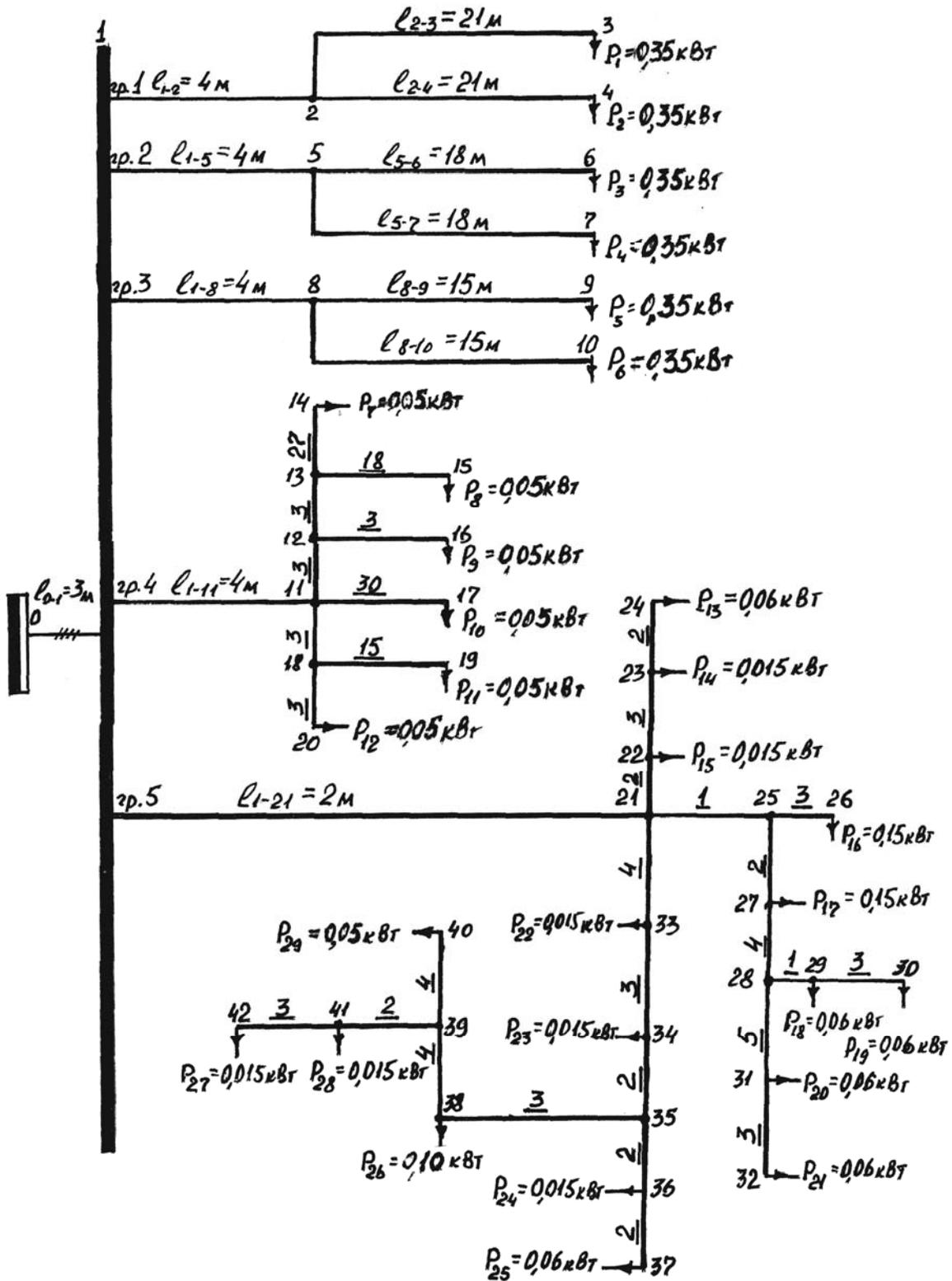


Рисунок 7.2. Схема групповой осветительной сети

1.8 РАСЧЕТ СЕЧЕНИЯ ПИТАЮЩИХ И ГРУППОВЫХ СЕТЕЙ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ УСТАНОВОК

Цель занятия

Освоить методы расчета и проверки сечения проводов электрических сетей осветительных установок.

Контрольные вопросы

1. Какую цель ставят при расчете электрических сетей осветительных установок?
2. По каким условиям производят расчет и проверки сечения проводников электрической сети осветительных установок?
3. Перечислите последовательность выполнения операций при расчете электрической сети осветительных установок.
4. Как определить расчетную и установленную мощность токоприемников электрической сети осветительных установок?
5. Напишите формулу для расчета сечения провода участка электрической сети с одинаковым количеством проводов и поясните физический смысл входящих в нее величин.
6. Напишите формулу для расчета сечения проводов участков разветвленной электрической сети с различным количеством проводов и поясните физический смысл входящих в нее величин.
7. Как находят коэффициенты α и C , входящие в расчетные формулы, и от чего они зависят?
8. Как определить значение допустимых потерь напряжения в электрической сети осветительных установок?
9. Поясните общую методику расчета сечения проводников электрической сети по условию минимума затрат проводникового материала.
10. Как проверить сечение проводников электрической сети на выполнение требований механической прочности?

11. Как проверить сечение проводников электрической сети на выполнение требований допустимого нагрева?

12. Напишите формулы для определения расчетного тока однофазного, двухфазного и трехфазного участков электрической сети.

13. Какие аппараты используются для защиты электрических сетей от коротких замыканий?

14. По каким параметрам определяют ток уставки элементов аппаратов?

15. Какие электрические сети осветительных установок защищают от перегрузок?

16. Поясните, как и для чего осуществляется проверка сечения проводников электрической сети на соответствие току вставки защитного аппарата.

Литература: [1, 2, 3, 4].

Расчетные формулы

Расчет электрических сетей осветительных установок ставит целью определение сечений проводов, гарантирующие необходимое напряжение у источников излучения, допустимую плотность тока, не вызывающую перегрева, и необходимую механическую прочность сети. Сечение проводов электрической сети определяют по условию минимума затрат проводникового материала. После расчета электрическую сеть проверяют на выполнение требований допустимого нагрева, механической прочности, соответствию току уставки защитного аппарата.

Сечение проводов определяют по формуле

$$S = \frac{\sum M + \sum \alpha m}{C \Delta U}, \quad (8.1)$$

где S – сечение проводов рассчитываемого участка, мм^2 ;

$\sum M = \sum P l$ – сумма моментов рассчитываемого и всех последующих участков с тем же числом проводов, что и у рассчитываемого, $\text{кВт} \cdot \text{м}$;

$\sum \alpha m$ – сумма моментов всех ответвлений с числом проводов, отличающихся от числа проводов рассчитываемого участка, кВт · м ;

α – коэффициент приведения моментов, зависящий от числа проводов рассчитываемого участка и в ответвлениях;

C – коэффициент, зависящий от материала проводов, системы и напряжения сети, кВт · м/В · мм² ;

ΔU – располагаемые потери напряжения, % от U_H ;

P – расчетная мощность, кВт ;

l – длина участка, м.

Нагрузки определяют с учетом установленной мощности осветительной установки и коэффициента спроса K_c (таблицы П.3.11 [4]). При определении установленной мощности учитывают потери электрической энергии в ПРА, которые для люминесцентных ламп в среднем составляют 20...30%, а для ламп типа ДРЛ – 8...12 %.

Коэффициент спроса K_c зависит от вида зданий и сооружений и учитывается при расчете питающих сетей. Для групповых линий он равен единице.

Значение располагаемых потерь напряжения определяют в зависимости от мощности питающего трансформатора, его коэффициента загрузки и $\cos\varphi$. Если указанные показатели получить невозможно, то для практических расчетов значение допустимой потери напряжения (от вводного щита до наиболее удаленного потребителя принимают равным 2,0 %).

После расчета выбирают ближайшую стандартную площадь сечения провода и проверяют это сечение на механическую прочность:

$$S_{\text{гост}} \geq S_{\text{доп}}, \quad (8.2)$$

где $S_{\text{гост}}$ – выбранная стандартная площадь сечения проводника, мм² ;

$S_{\text{доп}}$ – допустимая для данного вида сети и принятого способа прокладки площадь сечения проводника, мм^2 .

Затем это сечение проверяют на нагрев

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{р}}, \quad (8.3)$$

где $I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый ток нагрева для данного способа прокладки, числа жил, материала и сечения провода, А;

$I_{\text{р}}$ – расчетный ток на участке, А.

При определении длительно допустимого тока нагрева учитывают поправочный коэффициент на температуру окружающей среды:

$$I_{\text{доп}} = I_{\text{доп}}^{\text{табл}} \cdot K_{\theta}, \quad (8.4)$$

где $I_{\text{доп}}^{\text{табл}}$ – длительно допустимый ток при температуре окружающей среды 20°C , А;

K_{θ} – поправочный коэффициент на температуру окружающей среды (приводится в ПУЭ).

Значение расчетного тока для каждого из участков сети определяют по формулам (8.5...8.7)

$$I_{\text{р}} = \frac{1000P_{\text{р3}}}{\sqrt{3}U_{\text{л}}\cos\varphi} \text{ — трехфазная сеть;} \quad (8.5)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{1000P_{\text{р2}}}{2U_{\text{ф}}\cos\varphi} \text{ — двухфазная сеть;} \quad (8.6)$$

$$I_{\text{р}} = \frac{1000P_{\text{р1}}}{U_{\text{ф}}\cos\varphi} \text{ — однофазная сеть,} \quad (8.7)$$

где $P_{\text{рi}}$ – расчетная активная нагрузка (включая потери в ПРА газоразрядных ламп) трех, двух или одной фаз, кВт;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности нагрузки;

$U_{\text{л}}, U_{\text{ф}}$ – линейное и фазное напряжение сети, В.

Коэффициент мощности нагрузки на участке при смешанной нагрузке можно определить как средневзвешенный коэффициент мощности:

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{\sum P_{Pi}}{\sqrt{(\sum P_{pi})^2 + (\sum P_{pi} \operatorname{tg} \varphi_i)^2}}, \quad (8.8)$$

где P_{pi} – расчетная активная нагрузка i -го потребителя;

φ_i – угол между током и напряжением i -го потребителя.

В соответствии с требованиями ПУЭ все осветительные сети подлежат защите от токов короткого замыкания. Кроме того, требуется защита от перегрузок для сетей в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, пожароопасных и взрывоопасных зонах, а также для открытых проводок с горючей изоляцией (АПР, ПРД и т.д.).

Для защиты используют плавкие предохранители и автоматические выключатели, мгновенно обесточивающие поврежденный участок сети. Аппараты защиты устанавливают в начале головных участков питающей или групповой сети и в местах, где сечение проводников уменьшается. Токи уставок защитных аппаратов определяют по расчетному току защищаемого участка (таблица 8.1).

Таблица 8.1 Выбор токов уставок защитных аппаратов

Защитный аппарат	Вид защиты	Лампы накаливания		Лампы газоразрядные низкого давления	Лампы ЛРЛ, ДРИ, ДНаТ
		До 300 Вт	Более 300 Вт		
Автоматические выключатели с любым расцепителем	От токов короткого замыкания и токов перегрузки	$I_B \geq 1,4 \cdot I_P$		$I_B \geq I_P$	$I_B \geq 1,4 \cdot I_P$
Предохранители с плавкими вставками		$I_B \geq I_P$	$I_B \geq 1,2 \cdot I_P$		$I_B \geq 1,2 \cdot I_P$

После выбора уставок защитных аппаратов производят проверку сечения проводов на соответствие расчетному току уставки защитного аппарата

$$I_{\text{доп}} \geq \beta \cdot I_B, \quad (8.9)$$

где β – коэффициент, учитывающий нормированное соотношение между длительно допустимым током проводников и номинальным током защитного аппарата (таблица П.3.12 [4]).

Если условие (8.9) не соблюдается, то сечение проводников необходимо увеличить.

Действительная потеря напряжения на участке, %, может быть определена по формуле

$$\Delta U_i = \frac{M_i}{C_i S_i}, \quad (8.10)$$

где M_i – момент нагрузки на расчетном участке, кВт·м;

C_i – коэффициент, зависящий от материала проводников, системы и напряжения сети на расчетном участке (таблица П.3.10 [4]);

S_i – сечение проводника на расчетном участке, мм².

Порядок расчета электрических сетей следующий:

- составляют расчетную схему электрической сети;
- рассчитывают сечение проводов участков сети на минимум затрат проводникового материала;
- проверяют сечения проводов на механическую прочность;

- определяют расчетные токи участков сети и проверяют принятые сечения по условиям нагрева;
- определяют токи вставок защитных аппаратов;
- проверяют принятые сечения проводников на соответствие токам уставок защитных аппаратов;
- определяют потери напряжения в конце сети.

Исходные данные

Задача 8.1

Произвести расчет электрической сети осветительной установки, расчетная схема которой приведена на рисунок 7.2.

Методика расчета

1. Принимаем располагаемые (допустимые) потери напряжения $\Delta U = 2,0\%$ и коэффициент спроса K_C из таблицы П.3.11 [4]. Тогда расчетное значение сечения проводника на участке 0-1 определяем по формуле (8.1).

2. С учетом механической прочности таблицы П.3.5 [4] принимаем ближайшее стандартное большее сечение.

3. Приняв для люминесцентных ламп одноламповых светильников $\cos \varphi_{л.л} = 0,85$, для двухламповых светильников $\cos \varphi_{л.л} = 0,92$; для ламп накаливания $\cos \varphi_{л.н} = 1,0$; определим коэффициент мощности на участке 0-1 по формуле (8.8).

4. Определяем расчетный ток на участке 0-1 (формула 8.5), приняв коэффициент спроса для питающей из таблицы П.3.11 [4].

5. Проверяем принятое сечение на нагрев. Длительно допустимый ток $I_{доп}$ для данного сечения определяем из таблицы П.3.16 [4]. Проверяем условие (8.3).

6. Определяем действительную потерю напряжения на участке 0-1 по формуле (8.10).

7. По расчетному току выбираем плавкую вставку защитного аппарата, установленного в распределительном щите. Принимаем для защиты плавкий предохранитель. Из таблицы П.3.14 [4] принимаем $I_B \geq I_P$.

8. Из таблицы П.3.12 [4] принимаем β . Проверяем выбранное сечение на соответствие вставке защитного аппарата (формула 8.9).

9. Определяем, сечение первой групповой линии с учетом потери напряжения на предыдущем участке:

$$S_{1-2} = \frac{(P_1 + P_2)l_{1-2} + P_1 \cdot l_{2-3} + P_2 l_{2-4}}{C_2 \cdot (\Delta U - \Delta U_{0-1})}.$$

10. С учетом механической прочности таблица П.3.5 [4] принимаем ближайшее стандартное большее сечение.

11. Проверяем принятое сечение на нагрев. Определяем длительно допустимый ток для данного сечения по таблице П.3.16 [4]. Коэффициент мощности на участке 1-2 определяем по формуле (8.8). Расчетный ток на участке 1-2 определяем по формуле (8.7). Проверяем условие (8.3).

12. По расчетному току с учетом данных таблицы 8.1 выбираем уставку защитного аппарата, установленного в групповом щитке в первой групповой линии с учетом данных таблицы П.3.15 [4].

13. Проверяем выбранное сечение на соответствие уставке защитного аппарата (формула 8.9). Из таблицы П.3.12 [4] принимаем значение коэффициента β .

14. Так как сечение на головном участке групповой линии не превышает минимально допустимое по механической прочности (таблица П.3.5 [4]), то сечение последующих участков линии не рассчитываем, а принимаем по механической прочности.

15. Определяем действительную потерю напряжения на участках 1-2 и 2-3 по формуле (8.10).

16. Определяем потерю напряжения в конце первой групповой линии как сумму потерь напряжения на всех участках.

17. Аналогично рассчитываем сечения в других групповых линиях.

Часть II Задания и правила выполнения курсового проекта

2.1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект ставит своей целью:

– закрепить и систематизировать теоретические знания по электрическому освещению, применяемым источникам света и светотехническому оборудованию в помещениях сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений;

– привить студентам навыки самостоятельного решения инженерных задач по расчету осветительных установок и рациональному применению светотехнического оборудования в сельскохозяйственном производстве;

– подготовить студентов к решению более сложных задач, которые предстоит решать при дипломном проектировании.

Поставленная цель достигается на примере проектирования общего освещения здания сельскохозяйственного назначения, включающее решение следующих задач:

1) определение общестроительных и технологических параметров объекта проектирования, условий окружающей среды в помещениях;

2) выбор источников света, системы и вида освещения, освещенности и коэффициента запаса, обоснование типа осветительных приборов;

3) расчет по размещению осветительных приборов в осветительном пространстве и определению мощности или количества источников света, устанавливаемых в осветительных приборах;

4) выбор напряжения и схемы питания осветительной установки, марки проводов (кабелей) и способов прокладки электрической сети;

5) расчет сечения проводников и защиты сети от аварийных режимов;

б) разработку мероприятий по эксплуатации осветительной установки, энергосбережению, охране труда и технике безопасности, повышению коэффициента мощности осветительной установки.

Важной задачей курсового проекта является приобщение студентов к изучению специальной литературы и руководящих материалов по проектированию, овладению современными компьютерными программами по проведению светотехнических расчетов, приобретению навыков работы с ними, что должно быть продемонстрировано в выполненном студентом проекте.

2.2 СОСТАВ И СОДЕРЖАНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки и рабочих чертежей.

Пояснительная записка в объеме 25–30 страниц должна быть изложена кратко, литературным языком, грамотно. Ее пишут на одной стороне листа стандартного размера (А4) с оставлением полей с обеих сторон по 20мм. При пользовании формулами и выполнении расчетов обязательно указывают значение и размерности всех применяемых величин и буквенных обозначений согласно стандарту предприятия (СТП БГАТУ 01.12-06). Готовую записку брошюруют с обложкой (см. Приложение 1).

Примерное содержание расчетно-пояснительной записки:

Аннотация

Содержание

Введение

1 Общая часть.

1.1 Краткая характеристика помещений

1.2 Описание технологического процесса

- 2 Светотехнический расчет
 - 2.1 Выбор источников света
 - 2.2 Выбор системы и вида освещения
 - 2.3 Выбор нормируемой освещенности и коэффициента запаса
 - 2.4 Выбор осветительных приборов
 - 2.5 Размещение осветительных приборов в освещаемом пространстве
 - 2.6 Расчет мощности или определение количества светильников, устанавливаемых в помещениях
 - 2.6.1 Точечный метод расчета
 - 2.6.2 Метод коэффициента использования светового потока
 - 2.6.3 Метод удельной мощности
 - 2.7 Составление светотехнической ведомости

- 3 Расчет электрических сетей осветительных установок
 - 3.1 Выбор напряжения и схемы питания электрической сети
 - 3.2 Определение количества и мест расположения групповых щитков, выбор их типа и компоновка трассы сети
 - 3.3 Выбор марки проводов (кабелей) и способа прокладки сети
 - 3.4 Защита электрической сети от аварийных режимов
 - 3.5 Расчет и проверка сечения проводников электрической сети
 - 3.6 Мероприятия по повышению коэффициента мощности электрической сети осветительной установки

- 4 Эксплуатация осветительной установки
 - 4.1 Определение мер защиты от поражения электрическим током.
 - 4.2 Указания по энергосбережению и эксплуатации осветительной установки

Рабочий чертеж выполняют на листе формата А1 в соответствии с требованиями ГОСТ 21.608-84. В состав рабочего чертежа включают план расположения осветительного оборудования и прокладки электрических сетей, выполненный в масштабе 1:100 (1:200, 1:50), где указывают:

строительные конструкции и технологическое оборудование в виде упрощенных контурных очертаний сплошными тонкими линиями;

экспликацию помещений по форме 1 в соответствии с нумерацией и наименованием, указанным в варианте задания;

классы взрывоопасных и пожароопасных зон, категорию и группу взрывоопасных смесей для взрывоопасных зон по Правилам устройства электроустановок;

нормируемую освещенность для общего освещения;

светильники, их количество, типы;

количество и мощность ламп в светильниках;

высоту установки светильников (кроме потолочных);

привязочные размеры для светильников или рядов светильников к элементам строительных конструкций или координатным осям здания;

групповые щитки и их обозначения;

понижающие трансформаторы;

выключатели, штепсельные розетки;

линии питающей, групповой сети и сети управления освещением, их значения, сечение и, при необходимости, марку и способ прокладки (порядок записи см. ГОСТ 21.608-84).

Электрическое оборудование и проводки на планах расположения указывают условными графическими изображениями по ГОСТ 21.614-88 и ГОСТ 21.608-84.

На листе, где помещен план расположения, приводят ведомость спецификации элементов осветительной установки по форме 2 и данные групповых щитков (форма 3а или форма 3б).

Форма 1. Экспликация помещений

	Номер по плану	Наименование

Форма 2. Ведомость спецификации оборудования на плане расположения

Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание

Форма 3а. Данные о групповых щитках с автоматическими выключателями

				Номера автоматических выключателей				Ток расцепителя, А	
				Однополюсных		Трёхполюсных		На вводе	На линии
				занятые	резервные	занятые	резервные		

Форма 3б. Данные о групповых щитках с предохранителями

				Номера групп		Ток, А	
				Занятые	Резервные	Аппарата ввода	Плавкая вставка предохранителей

2.3 УКАЗАНИЯ ПО ВЫБОРУ ВАРИАНТА ЗАДАНИЯ

Выбор варианта задания производят из настоящих методических указаний (см. стр.118–175). Вариант определяют по первой букве фамилии студента, устанавливающей наименование проектируемого здания и его план. На плане здания приведены номера помещений, наименование и технологическое назначение которых определяют по последней цифре зачетной книжки студента из соответствующей таблицы экспликации помещений для принятого варианта. В пояснительной записке приводят светотехнический расчет трех помещений, необходимые номера которых и требуемые методы их расчета определяют по первой букве фамилии студента и номеру последней цифры зачетной книжки из таблицы 2. Результаты светотехнического расчета остальных помещений приводят в светотехнической ведомости. Размеры проектируемых помещений определяют по чертежу плана здания с применением соответствующих масштабных коэффициентов. Разрез проектируемого здания, а также характеристика строительных конструкций и инженерного оборудования приведенные в задании, служат для справок.

Например, студент Андреев В.А., зачетная книжка № 98123, выполняет по заданию № А проект освещения молочного блока производительностью 3 тонны молока в сутки с пастеризацией 6 тонн молока. Экспликация помещений (см. таблица А1 для последней цифры зачетной книжки равной 3) в этом случае будет (таблица 1).

Номера помещений для светотехнического расчета (см. таблицу 2) следующие:

помещение №2 «Склад для хранения готовой продукции» рассчитать точечным методом;

помещение №4 «Вакуум-насосная» рассчитать методом коэффициента использования светового потока;

помещение №10 «Помещение холодильных установок» рассчитать методом удельной мощности.

Таблица 1 Экспликация помещений

Номер по плану	НАИМЕНОВАНИЕ
1	Молокоприемная
5	Моечная
6	Лаборатория
4	Вакуум-насосная
10	Помещение холодильных установок
3	Склад моющих и дезинфицирующих средств
2	Склад для хранения готовой продукции
8	Уборная
9	Коридор
7	Электрощитовая

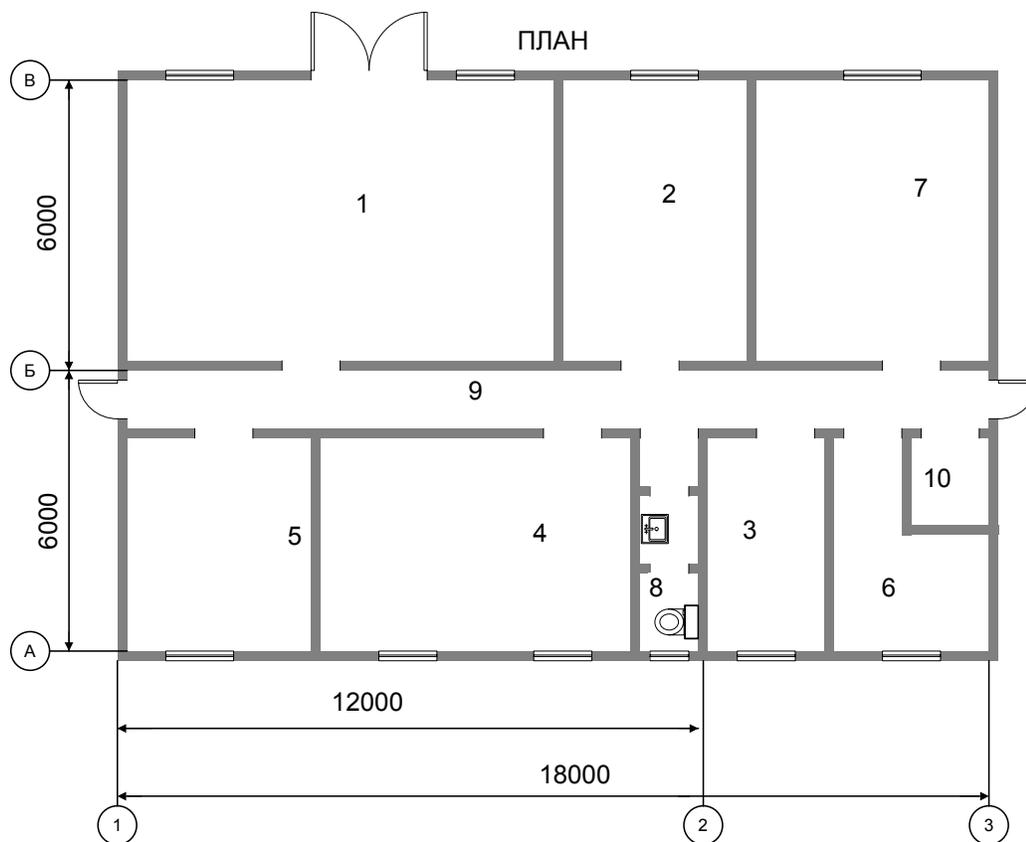
Таблица 2 Варианты расчетов помещений в курсовом проекте

Первая буква фамилии студента	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	№ помещений для светотехнического расчета (первая цифра – точечный метод, вторая – метод коэффициента использования, третья – метод удельной мощности)									
А	1, 3, 7	3, 2, 8	5, 1, 9	2, 4, 10	10, 6, 2	7, 10, 6	10, 2, 3	2, 7, 3	4, 3, 6	10, 5, 7
Б	1, 12, 10	12, 3, 11	4, 5, 3	5, 6, 8	7, 9, 2	4, 5, 6	3, 6, 13	7, 6, 8	12, 3, 9	5, 6, 2
В	1, 2, 9	3, 7, 2	4, 2, 5	3, 4, 7	2, 4, 8	7, 5, 1	2, 4, 3	10, 4, 2	4, 2, 6	3, 2, 10
Г	1, 3, 15	2, 3, 9	4, 5, 6	6, 7, 11	2, 4, 14	5, 8, 6	7, 4, 12	2, 3, 10	3, 12, 13	5, 2, 11
Д	1, 4, 6	3, 4, 7	5, 8, 10	4, 5, 1	8, 6, 1	5, 2, 4	8, 7, 11	3, 1, 5	2, 3, 6	5, 3, 2
Е	1, 4, 5	4, 1, 6	3, 4, 7	5, 4, 3	1, 2, 3	1, 5, 2	4, 1, 2	3, 1, 7	1, 3, 4	3, 2, 6
Ж	1, 2, 6	8, 3, 11	3, 4, 5	4, 1, 7	2, 9, 10	10, 1, 12	2, 8, 4	3, 7, 9	4, 10, 8	9, 4, 2
З	1, 2, 8	5, 3, 10	4, 6, 5	2, 7, 3	2, 5, 1	3, 4, 7	5, 4, 2	1, 5, 6	5, 1, 2	6, 5, 4
И	1, 2, 5	2, 3, 5	6, 4, 1	1, 4, 6	2, 1, 5	3, 6, 5	5, 6, 4	5, 4, 2	2, 4, 1	2, 1, 6
К	4, 6, 8	5, 7, 8	10, 11, 6	4, 6, 2	1, 12, 3	3, 5, 9	5, 10, 7	6, 10, 11	7, 1, 5	10, 4, 1
Л	1, 4, 12	2, 3, 5	4, 5, 10	3, 1, 9	10, 4, 5	5, 6, 8	11, 1, 2	1, 10, 12	7, 11, 1	10, 1, 3
М	1, 2, 7	3, 9, 8	4, 5, 2	5, 1, 10	6, 3, 5	6, 4, 1	6, 9, 7	8, 4, 9	6, 5, 8	5, 1, 7
Н	1, 2, 3	3, 1, 7	6, 3, 8	8, 5, 2	8, 2, 3	3, 2, 6	4, 6, 7	5, 2, 4	4, 6, 2	4, 6, 2
О	1, 3, 12	3, 4, 2	2, 1, 11	10, 11, 5	10, 11, 7	2, 10, 9	4, 11, 9	6, 9, 5	9, 10, 3	4, 7, 9
П	1, 3, 4	2, 1, 6	7, 11, 12	3, 2, 11	10, 5, 6	2, 10, 7	6, 7, 13	10, 8, 9	3, 9, 10	5, 9, 14
Р	1, 2, 9	2, 1, 4	6, 7, 8	7, 3, 5	8, 3, 7	3, 8, 6	5, 8, 7	6, 7, 3	8, 7, 3	6, 5, 9
С	1, 2, 8	2, 1, 10	9, 4, 10	3, 9, 6	5, 6, 7	6, 9, 5	6, 7, 8	9, 7, 11	9, 5, 7	6, 5, 4
Т	1, 2, 8	3, 1, 11	7, 2, 12	10, 2, 11	6, 3, 8	9, 10, 6	10, 6, 9	3, 7, 2	10, 2, 8	2, 6, 5
У	1, 2, 11	3, 1, 9	4, 5, 14	5, 6, 4	7, 8, 15	9, 11, 6	10, 9, 6	11, 2, 8	2, 5, 13	3, 7, 10
Ф	1, 2, 11	2, 1, 4	6, 9, 10	10, 9, 4	12, 9, 4	10, 4, 8	5, 12, 3	9, 7, 5	6, 12, 10	7, 5, 4
Х	1, 6, 11	3, 8, 12	6, 9, 13	9, 10, 4	4, 2, 7	7, 8, 2	6, 7, 9	6, 3, 4	9, 8, 3	7, 1, 9
Ц	1, 2, 9	2, 5, 11	3, 4, 12	11, 9, 3	9, 1, 10	5, 11, 6	1, 2, 11	3, 4, 6	6, 4, 9	1, 3, 8
Ч	1, 2, 15	3, 4, 16	6, 8, 11	14, 3, 8	4, 5, 10,	7, 2, 8	6, 3, 2	14, 1, 2	13, 4, 9	9, 6, 12
Ш	1, 3, 8	2, 3, 4	5, 6, 9	6, 1, 2	2, 5, 9	5, 2, 7	3, 6, 10	1, 3, 8	3, 5, 4	1, 2, 6
Щ	1, 4, 6	4, 3, 2	5, 3, 2	3, 1, 6	4, 3, 5	5, 4, 2	2, 3, 4	3, 2, 5	3, 1, 5	4, 2, 6
Э	1, 2, 6	2, 4, 8	3, 1, 9	4, 7, 8	5, 3, 7	7, 4, 5	2, 1, 9	7, 3, 8	4, 7, 6	3, 5, 2
Ю	1, 8, 9	5, 6, 4	9, 8, 5	7, 3, 6	5, 4, 2	4, 9, 8	6, 7, 4	7, 6, 9	9, 4, 3	5, 9, 7
Я	1, 5, 6	8, 7, 10	8, 5, 6	6, 9, 3	9, 5, 8	5, 6, 3	7, 6, 8	6, 5, 9	8, 9, 6	6, 3, 9

2.4 ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ К КУРСОВОМУ ПРОЕКТУ

Задание № А

Молочный блок производительностью 3 тонны молока в сутки с пастеризацией 6 тонн молока



РАЗРЕЗ

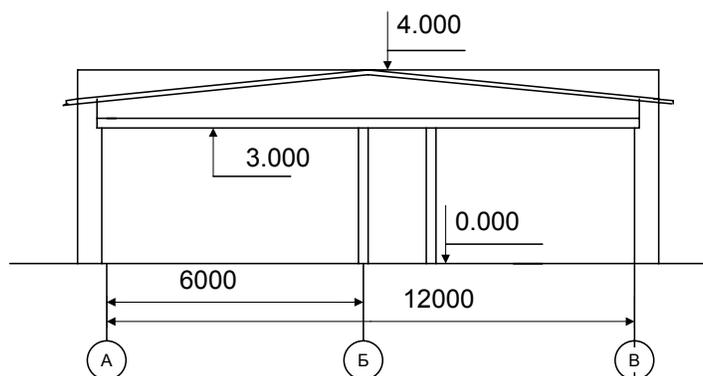


Таблица А.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Молокоприемная	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Моечная	2	3	4	5	6	7	10	7	4	5
Лаборатория	3	4	5	6	7	10	2	2	5	4
Вакуум-насосная	4	2	3	4	5	6	7	10	2	3
Помещение холодильных установок	5	6	7	10	3	4	5	6	3	6
Склад моющих и дезинфицирующих средств	6	5	2	3	2	5	3	5	10	2
Склад для хранения готовой продукции	7	10	6	2	10	3	6	4	7	7
Уборная	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Коридор	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Электрощитовая	10	7	10	7	4	2	4	3	6	10

Характеристика строительных конструкций

Стены - из обыкновенного глиняного кирпича.

Перекрытие - из сборных железобетонных плит.

Полы - из керамических плиток, деревянные, бетонные.

Окна, двери - деревянные.

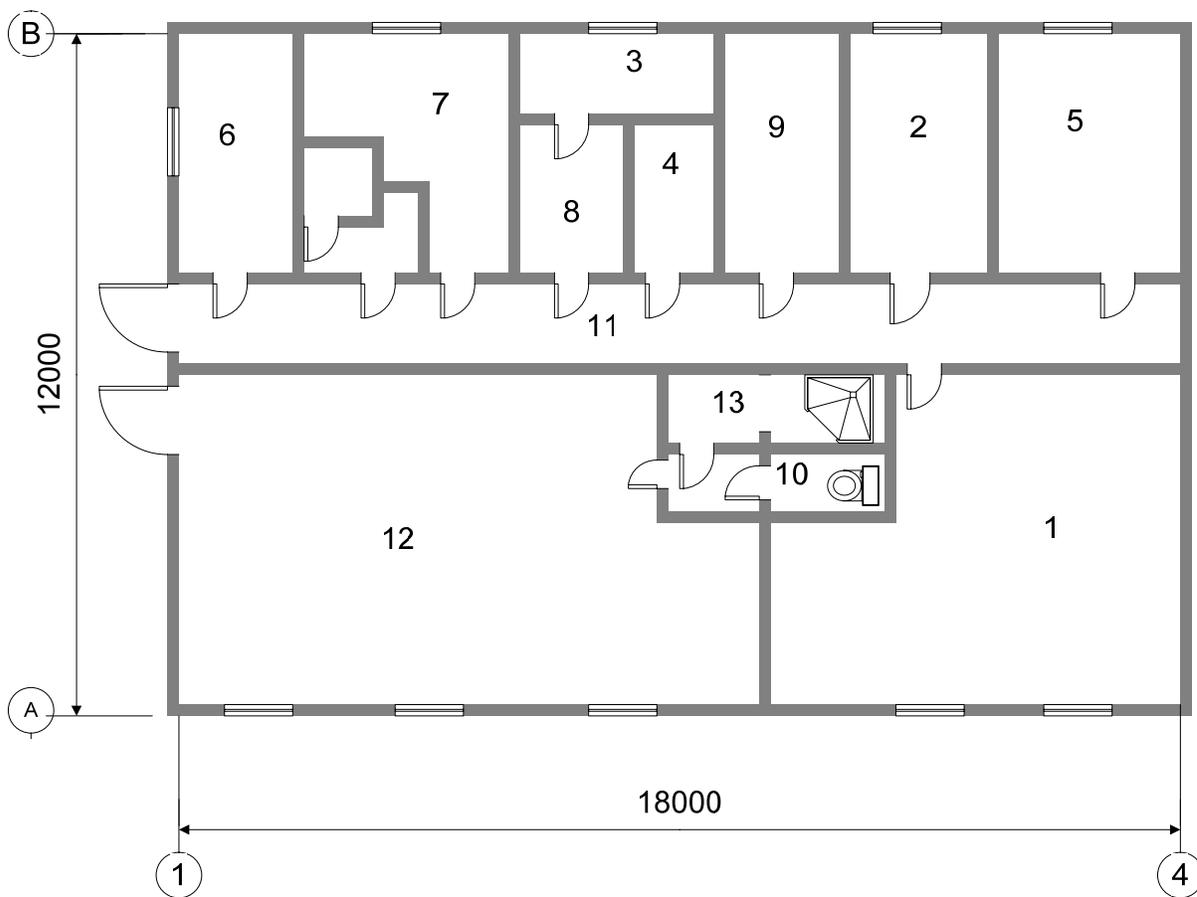
Инженерное оборудование

Отопление - водяное с параметрами 105 - 70°С и воздушное.

Вентиляция - приточно-вытяжная с механическим побуждением.

Задание № Б
Молочный блок производительностью 3 тонны молока в сутки

ПЛАН



РАЗРЕЗ

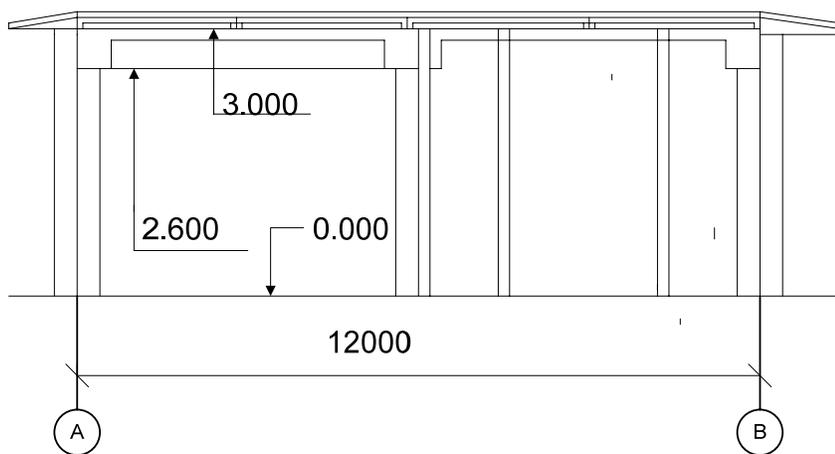


Таблица Б.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Молочная	1	12	1	12	1	12	1	12	1	12
Лаборатория молочной	2	3	4	5	6	7	8	9	2	3
Лаборатория пункта искусственного осеменения	3	4	5	6	7	8	9	2	4	6
Помещение моющих средств	4	5	6	7	8	9	2	3	6	9
Моечная	5	6	7	8	9	2	3	4	8	4
Электрощитовая	6	7	8	9	2	3	4	5	3	7
Комната персонала	7	8	9	2	3	4	5	6	5	2
Компрессорная	8	9	2	3	4	5	6	7	7	5
Венткамера	9	2	3	4	5	6	7	8	9	8
Уборная	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Коридор	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Котельная	12	1	12	1	12	1	12	1	12	1
Душевая	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Характеристика строительных конструкций

Стены - из обыкновенного глиняного кирпича.

Перекрытие - из сборных железобетонных плит.

Полы - из керамических плиток, деревянные, бетонные.

Окна, двери - деревянные.

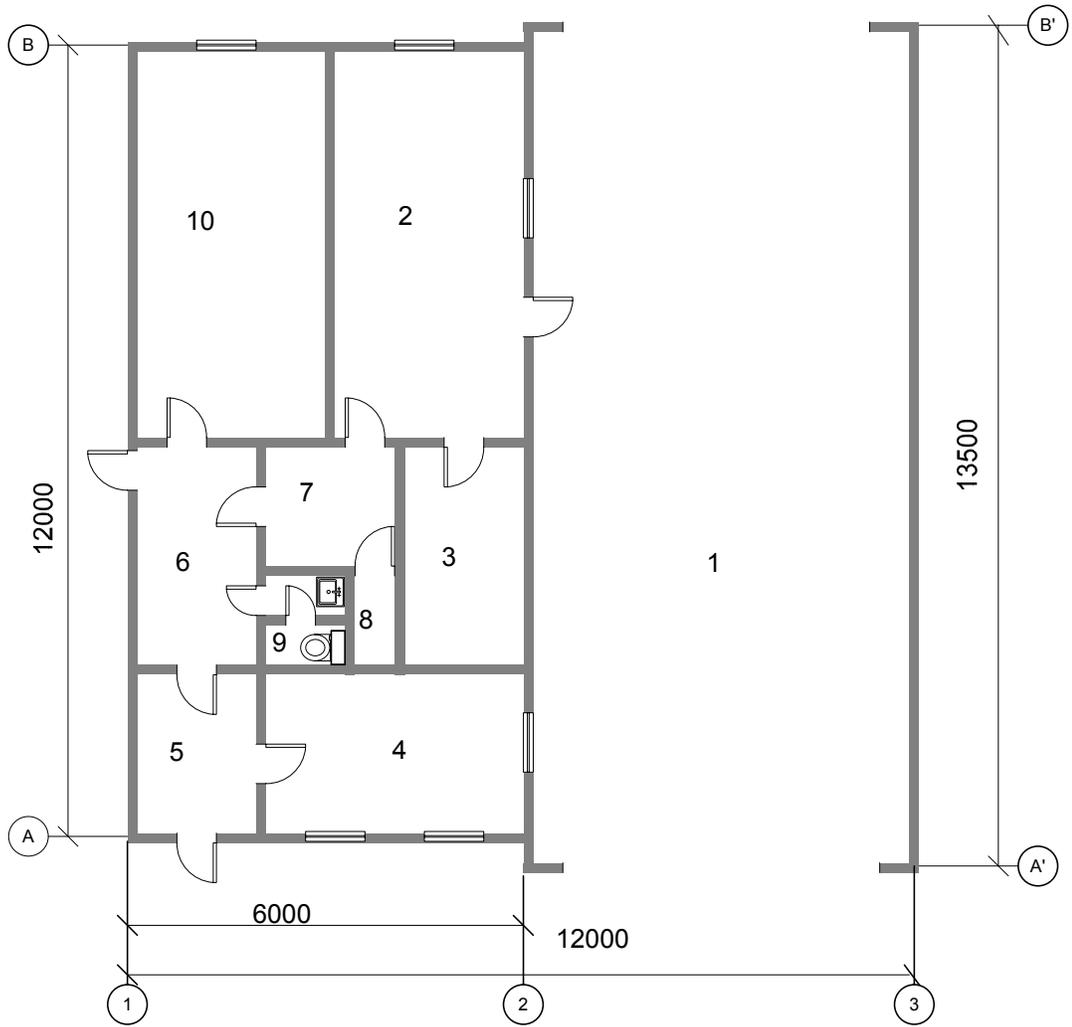
Инженерное оборудование

Отопление - водяное с параметрами 105 - 70°C и воздушное.

Вентиляция - приточно-вытяжная с механическим побуждением.

Задание № В
Дезинфекционный блок для транспортных средств

ПЛАН



РАЗРЕЗ

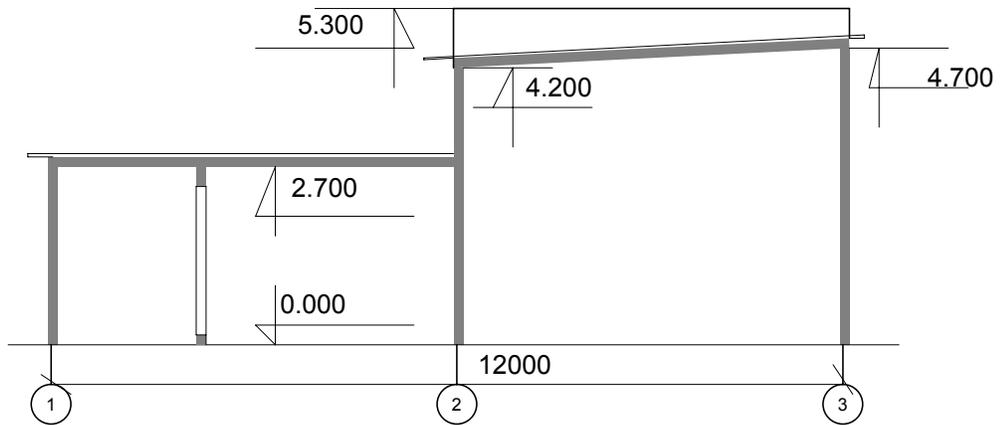


Таблица В.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение дезинфекции транспорта	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Помещение приготовления растворов	2	3	4	10	2	3	4	10	2	3
Кладовая дезсредств	3	4	10	2	4	10	2	4	10	2
Проходная	4	10	2	3	3	2	10	3	4	10
Тамбур	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Коридор	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Гардероб	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Душевая	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Санузел	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Венткамера	10	2	3	4	10	4	3	2	3	4

Характеристика строительных конструкций

Стены - из обыкновенного глиняного кирпича.

Перекрытие - из железобетонных плит.

Полы - деревянные, из линолеума, керамические и бетонные.

Окна, двери и ворота - деревянные.

Отделочные работы - внутренняя поверхность стен штукатурится керамической плиткой; в проходной, коридоре и тамбуре окрашивается клеевой краской с устройством панели масляной окраски на высоту дверных проемов; в остальных помещениях стены белятся известью.

Инженерное оборудование

Отопление - центральное водяное с параметрами 95 - 70°С.

Вентиляция - приточно-вытяжная с механическим побуждением.

Задание № Г
Кумысный цех производительностью 1000 литров кумыса в сутки

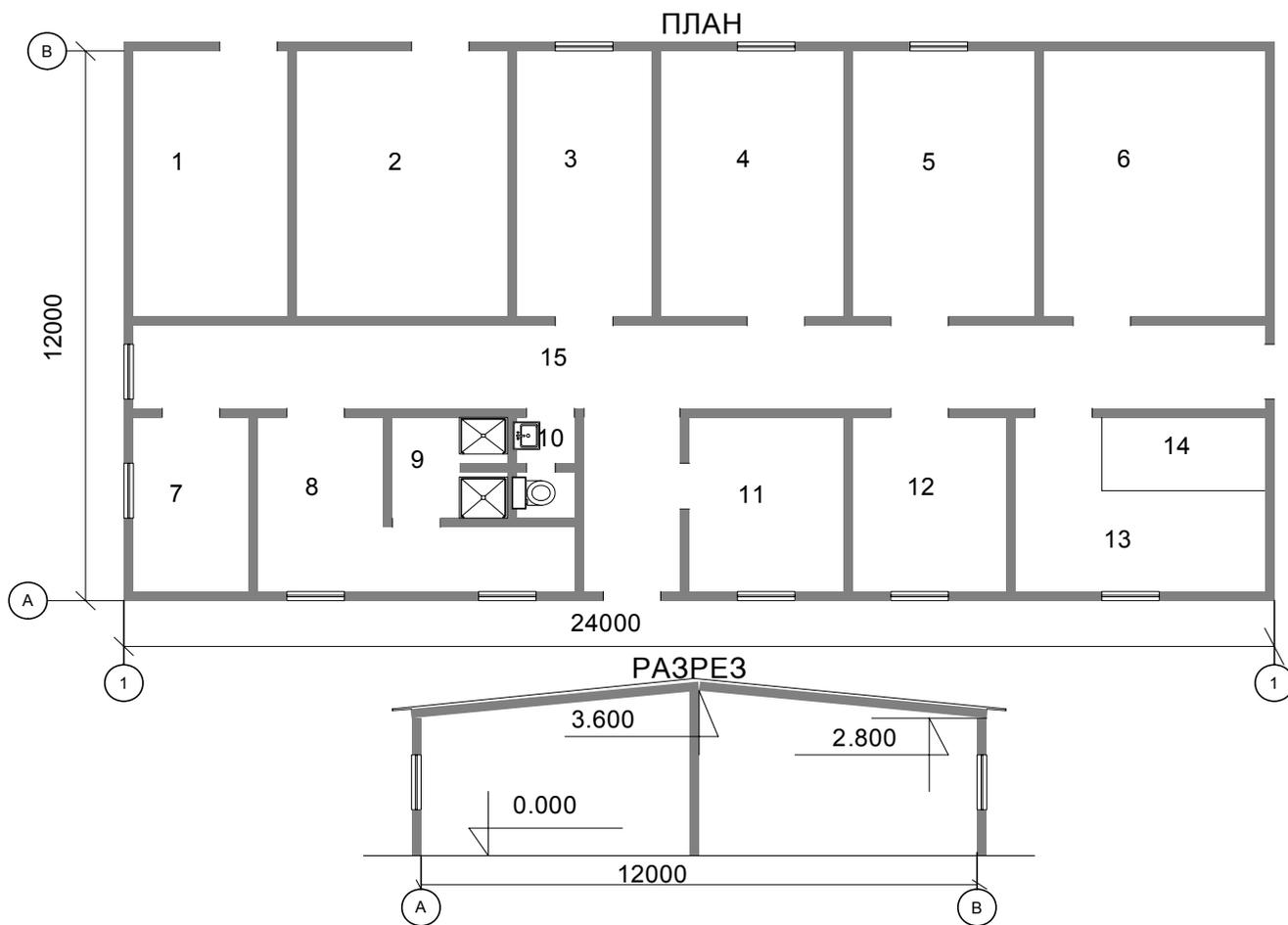


Таблица Г.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Котельная	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Склад концкормов	2	3	4	5	6	7	8	11	12	3
Комната приема пищи	3	4	5	6	7	8	11	12	2	2
Заквасочная	4	5	6	7	8	11	12	2	3	5
Разливочная	5	6	7	8	11	12	2	3	4	7
Холодильная камера	6	7	8	11	12	2	3	4	5	6
Кабинет зав. фермой	7	8	11	12	2	3	4	5	6	8
Гардеробная	8	11	12	2	3	4	5	6	7	4
Душевая	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Санузел	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Молокоприемная	11	12	2	3	4	5	6	7	8	12
Моечная	12	2	3	4	5	6	7	8	12	11
Подсобное помещение	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Фреоновая установка	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Коридор и тамбур	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Характеристика строительных конструкций

Стены - кирпичные.

Перекрытие - сборные железобетонные плиты.

Полы - из керамических плиток, деревянные, бетонные.

Окна, двери - деревянные.

Отделка внутренняя - стены и потолки штукатурятся цементно-известковым раствором с последующей покраской известковым раствором.

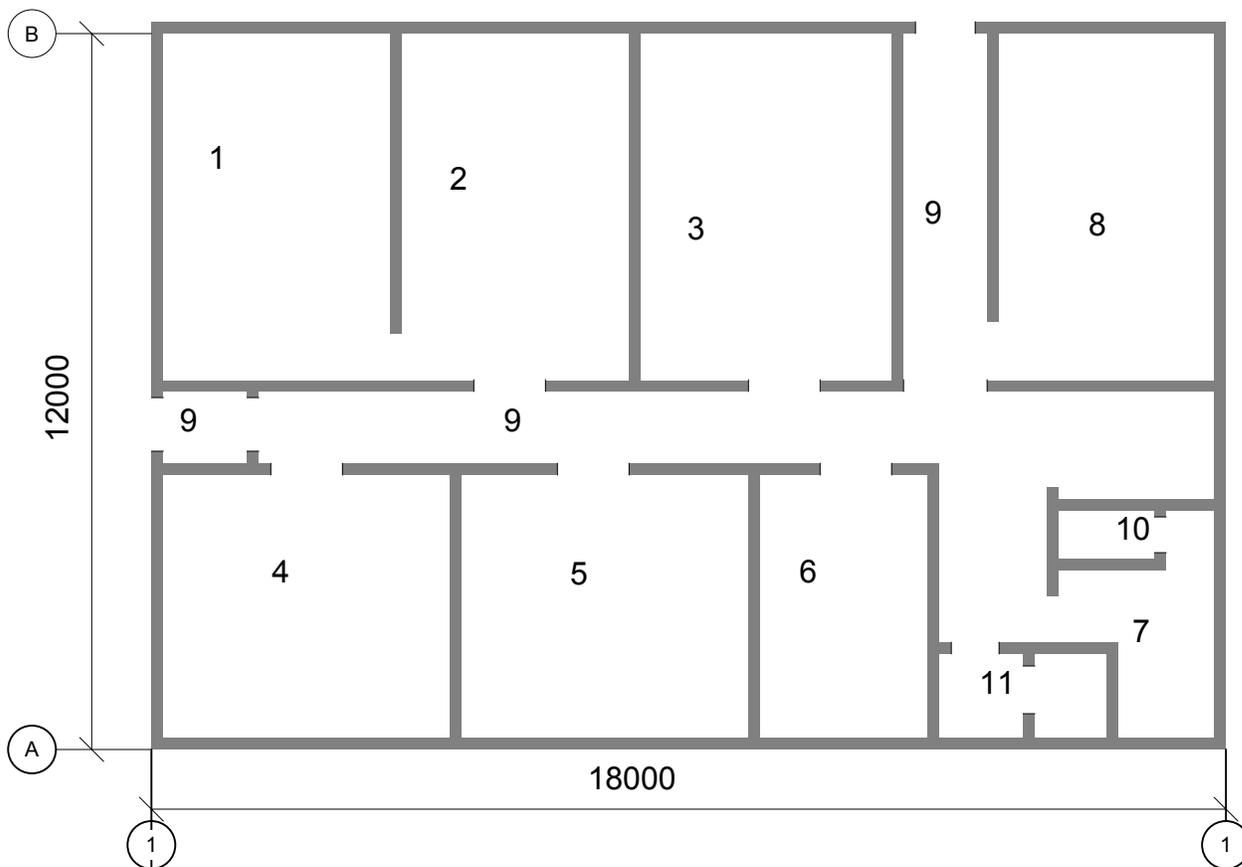
Инженерное оборудование

Отопление - паровое, пар давлением 0,7 атм. от наружных тепловых сетей.

Вентиляция - приточно-вытяжная с естественным побуждением.

Задание № Д
Кумысный цех производительностью 2000 литров кумыса в
сутки

ПЛАН



РАЗРЕЗ

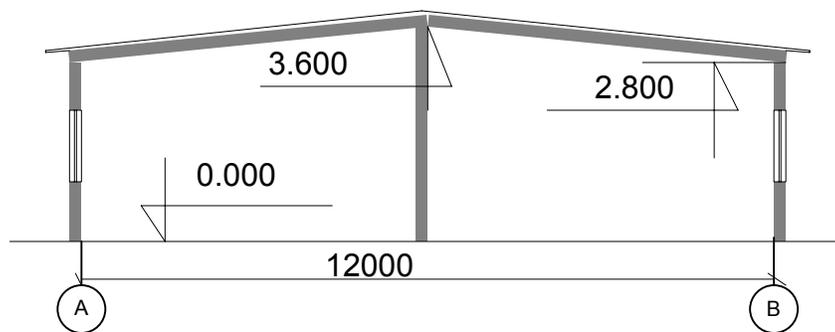


Таблица Д.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Служебное помещение	1	2	3	4	5	6	8	8	1	2
Заквасочная	2	3	4	5	6	8	6	1	2	4
Разливочная	3	4	5	6	8	5	1	2	4	1
Молокоприемная	4	5	6	8	4	1	2	3	5	3
Моечная	5	6	8	3	1	2	3	4	3	5
Подсобное помещение	6	8	2	1	2	3	4	5	6	8
Гардеробная	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Холодильная камера	8	1	1	2	3	4	5	6	8	6
Коридор и тамбур	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Душевая	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Санузел	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11

Характеристика строительных конструкций

Стены - кирпичные.

Перекрытие - сборные железобетонные плиты.

Полы - из керамических плиток, деревянные, бетонные.

Окна, двери - деревянные.

Отделка внутренняя - стены и потолки штукатурятся цементно-известковым раствором с последующей покраской известковым раствором.

Инженерное оборудование

Отопление - паровое, пар давлением 0,7 атм. от наружных тепловых сетей.

Вентиляция - приточно-вытяжная с естественным побуждением.

Задание № Е
Молокоприемная к коровнику на 200 коров привязного содержания

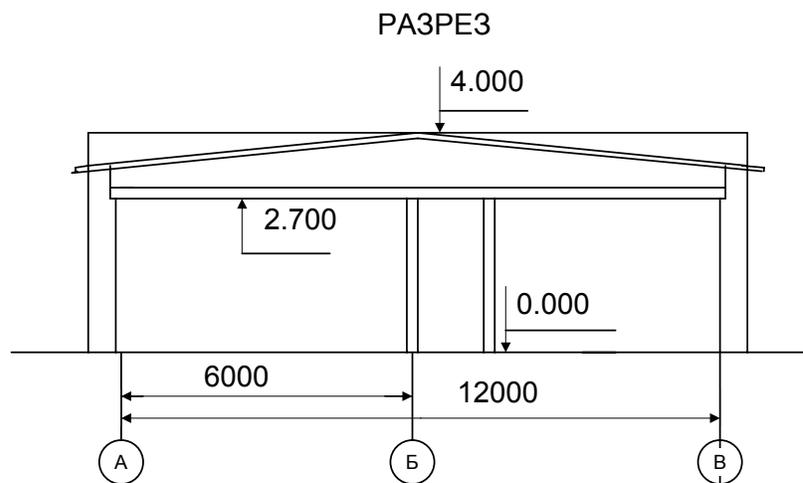
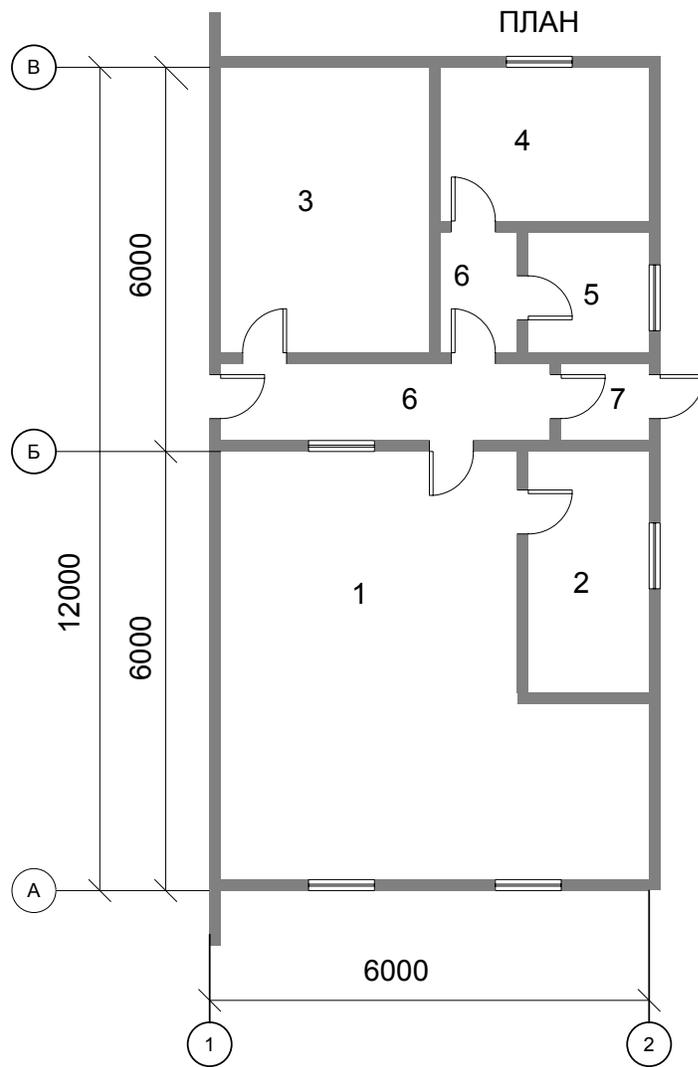


Таблица Е.1 Экспликация помещений

наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Молокоприемная	1	3	4	1	3	4	1	3	4	1
Вакуум-насосная	2	5	2	5	2	5	2	5	2	5
Венткамера	3	4	1	3	4	1	4	1	3	2
Комната обслуживающего персонала	4	1	3	4	1	3	3	4	1	3
Санузел	5	2	5	2	5	2	5	2	5	2
Коридор	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Тамбур	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Характеристика строительных конструкций

Стены - кирпичные.

Перекрытие - совмещенное из сборных железобетонных плит.

Полы - из керамических плиток, линолеума, бетонные.

Окна, двери - деревянные.

Отделка внутренняя - масляная краска, облицовка из керамической плитки, побелка.

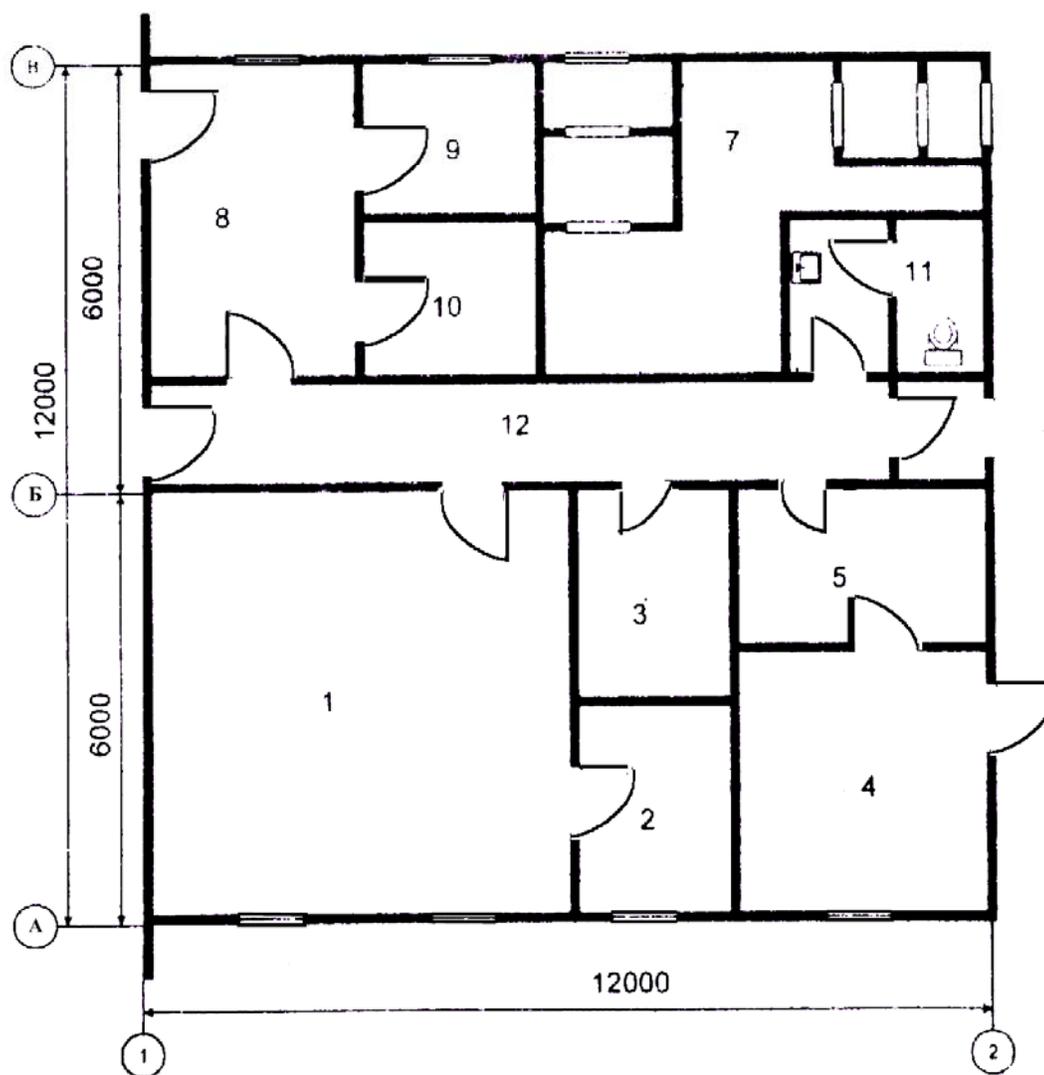
Инженерное оборудование

Отопление - водяное от централизованной котельной.

Вентиляция - приточно-вытяжная с естественным побуждением.

Задание № Ж
Молочный блок производительность 3 тонны молока

ПЛАН



РАЗРЕЗ

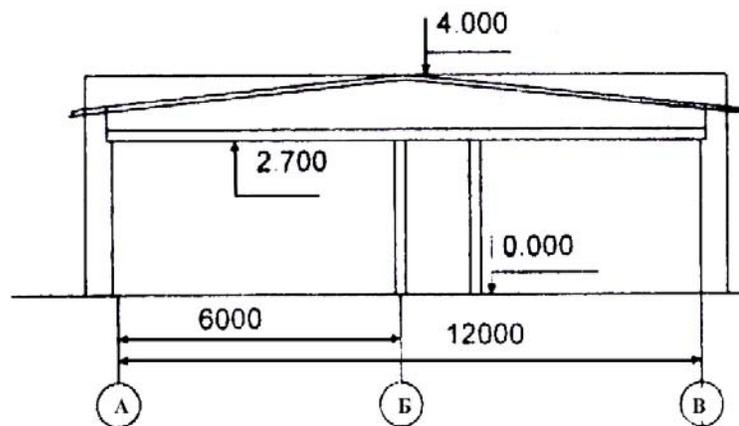


Таблица Ж.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Молочная	1	8	1	8	1	8	1	8	1	8
Лаборатория	2	3	4	5	9	10	2	3	4	5
Инвентарная и склад моющих средств	3	9	10	2	3	4	5	9	10	2
Компрессорная	4	3	4	5	2	2	3	4	5	9
Вакуум-насосная	5	10	2	3	4	5	9	10	2	3
Тамбур	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Венткамера	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Манеж	8	1	8	1	8	1	8	1	8	1
Лаборатория	9	2	3	4	5	9	10	5	9	4
Моечная	10	4	5	9	10	3	4	2	3	10
Санузел	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Коридор	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Характеристика строительных конструкций

Стены - кирпичные.

Перекрытие - совмещенное из сборных железобетонных плит.

Полы - асфальтобетонные, бетонные, из керамических плиток, линолеума.

Окна, двери - деревянные.

Отделка внутренняя - масляная краска, облицовка из керамической плитки, побелка.

Инженерное оборудование

Отопление - центральное водяное с параметрами 95-70 °С.

Вентиляция - приточно-вытяжная с механическим побуждением.

Задание № 3
Молочный блок производительностью 3 тонны молока в сутки

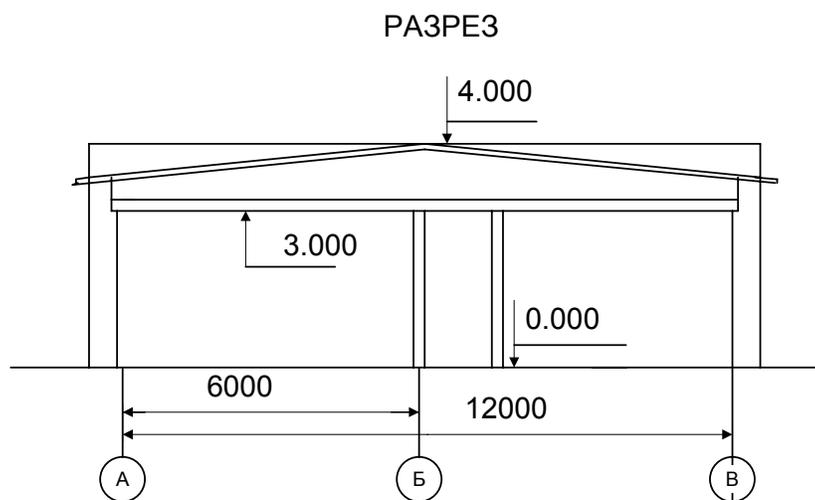


Таблица 3.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Молокоприемная	1	5	4	1	5	4	1	5	4	1
Моечная	2	3	6	9	2	3	6	9	2	3
Лаборатория	3	6	9	2	3	6	9	2	3	6
Вакуум-насосная	4	1	5	4	4	1	5	4	1	5
Помещение холодильных установок	5	4	1	5	1	5	4	1	5	4
Склад моющих и дезинфицирующих средств	6	9	2	3	6	9	2	3	6	9
Склад для хранения готовой продукции	7	10	7	10	7	10	7	10	7	10
Уборная	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Коридор	9	2	3	6	9	2	3	6	9	2
Электрощитовая	10	7	10	7	10	7	10	7	10	7

Характеристика строительных конструкций

Стены - кирпичные.

Перекрытие - совмещенное из сборных железобетонных плит.

Полы - асфальтобетонные, бетонные, из керамических плиток, линолеума.

Окна, двери - деревянные.

Отделка внутренняя - масляная краска, облицовка из керамической плитки, побелка.

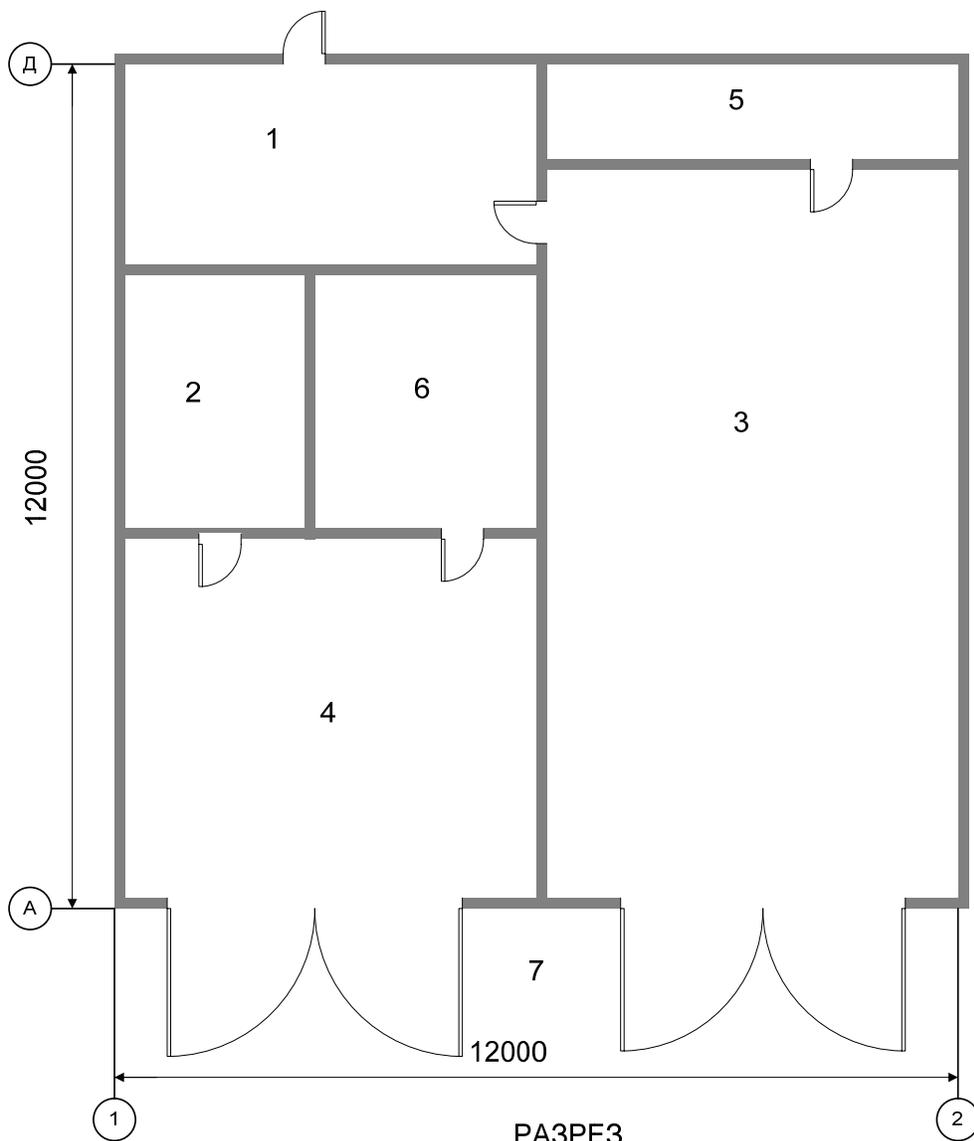
Инженерное оборудование

Отопление - центральное водяное с параметрами 95-70 °С.

Вентиляция - приточно-вытяжная с механическим побуждением.

Задание № И
Мастерская для пункта технического обслуживания 10-20 тракторов

ПЛАН



РАЗРЕЗ

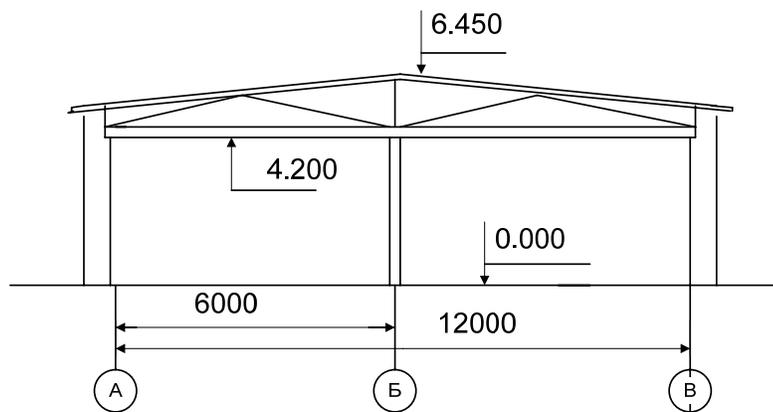


Таблица И.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Кузнечно-сварочное отделение	1	2	4	5	6	1	2	1	5	6
Слесарное отделение	2	6	5	4	1	6	5	4	1	2
Пункт технических уходов	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Участок устранения неисправностей	4	5	6	1	2	4	6	5	4	1
Кладовая	5	1	2	2	4	5	1	2	6	5
Гардероб	6	4	1	6	5	2	4	6	2	4
Площадка бетонная	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7

Характеристика строительных конструкций

Стены - кирпичные, из асбоцементных листов

Кровля - из асбестоцементных волнистых листов по прогонам из дерева.

Полы - бетонные, из клинкерного кирпича и керамических плиток.

Окна, двери - деревянные.

Отделка внутренняя - мокрая штукатурка, масляная краска, расшивка швов кирпичной кладки.

Инженерное оборудование

Отопление - центральное водяное с параметрами 95-70 °С.

Вентиляция - приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № К
Городская ветеринарно-санитарная станция

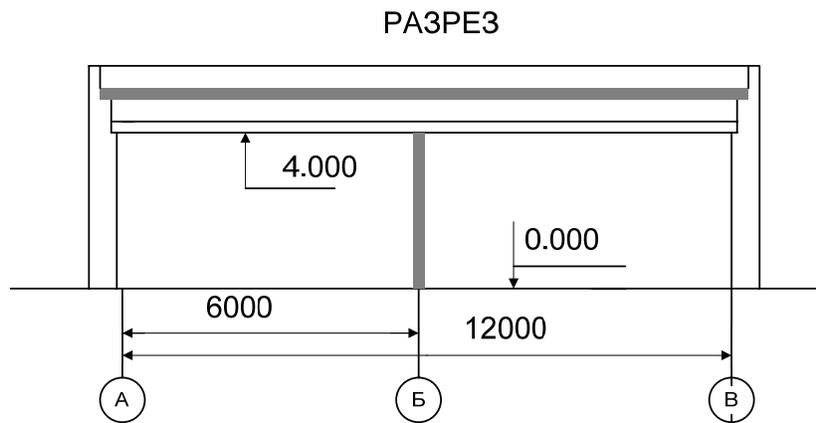


Таблица К.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Фуражная	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Тамбур	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Узел ввода	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
Стоянка на 2 автомашины	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Профилакторий	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Мастерская	6	7	10	10	7	6	10	6	7	10
Кладовая	7	10	6	7	6	10	7	7	10	6
Душевая	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
Уборная	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8
Гардероб на 3 человека	10	6	7	6	10	7	6	10	6	7
Денник	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Манеж	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Характеристика строительных конструкций

Стены - кирпичные.

Покрытие - сборное железобетонное.

Полы - бетонные, из керамических плиток.

Окна, двери - деревянные.

Отделка внутренняя - известковая побелка, клеевая, масляная краска, облицовка глазурованной плиткой.

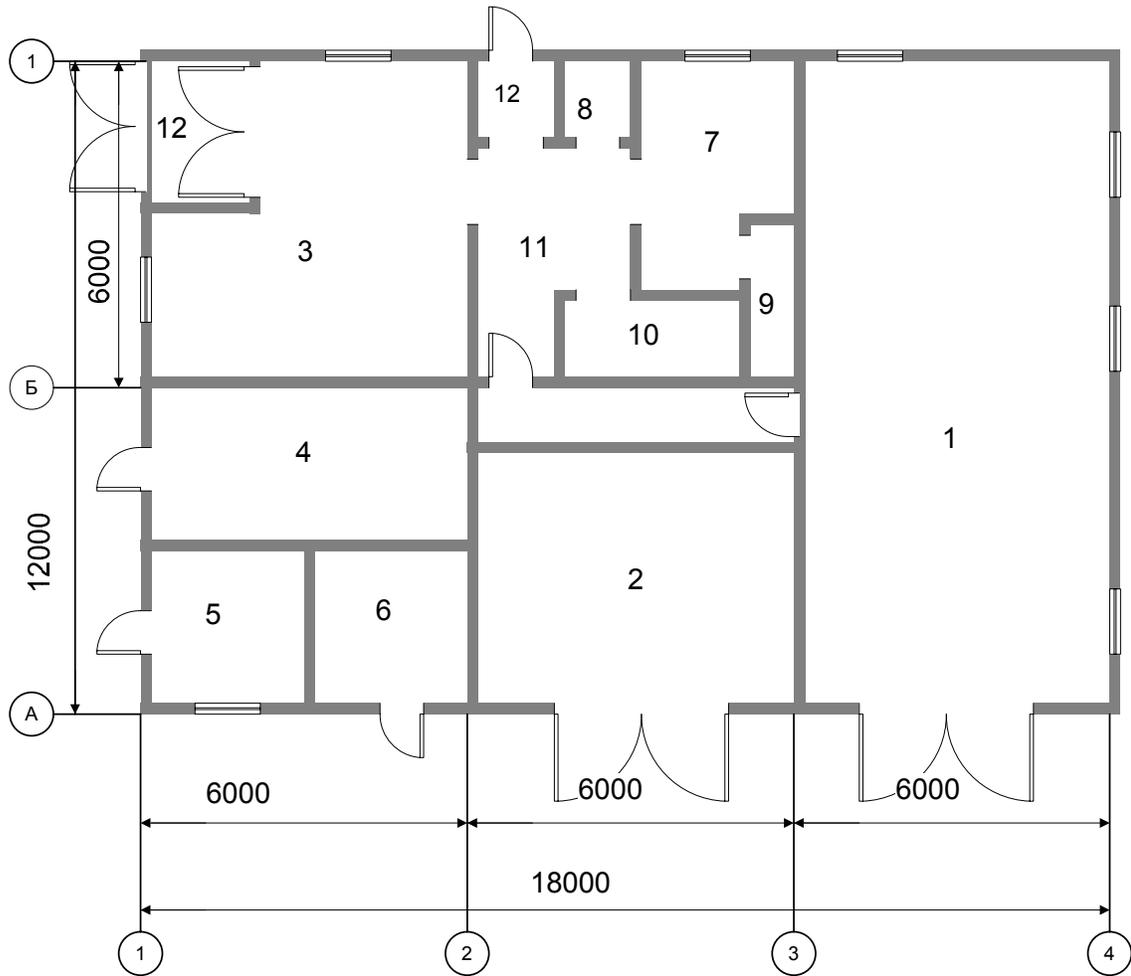
Инженерное оборудование

Отопление – центральное водяное с параметрами 95-70 °С.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № Л
Участковая ветеринарная лечебница

ПЛАН



РАЗРЕЗ

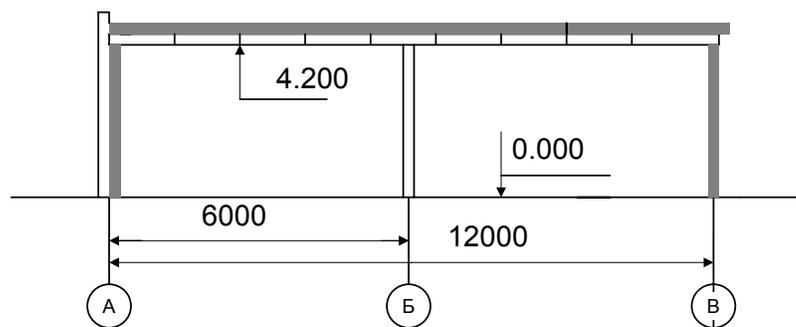


Таблица Л.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Профилакторий	1	1	2	2	1	2	1	2	1	2
Стоянка автомашин	2	2	1	1	2	1	2	1	2	1
Котельная	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Помещение для дезосредств	4	5	4	5	4	5	4	5	4	5
Помещение для хлорной извести	5	4	5	4	5	4	5	4	5	4
Помещение для хозинвентаря	6	7	10	10	7	6	10	6	7	10
Бытовые помещения	7- 11	7- 11	7- 11	7- 11	7- 11	7- 11	7- 11	7- 11	7- 11	7- 11
Тамбур	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные.

Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – бетонные, из керамических плиток, цементные.

Окна, двери – деревянные.

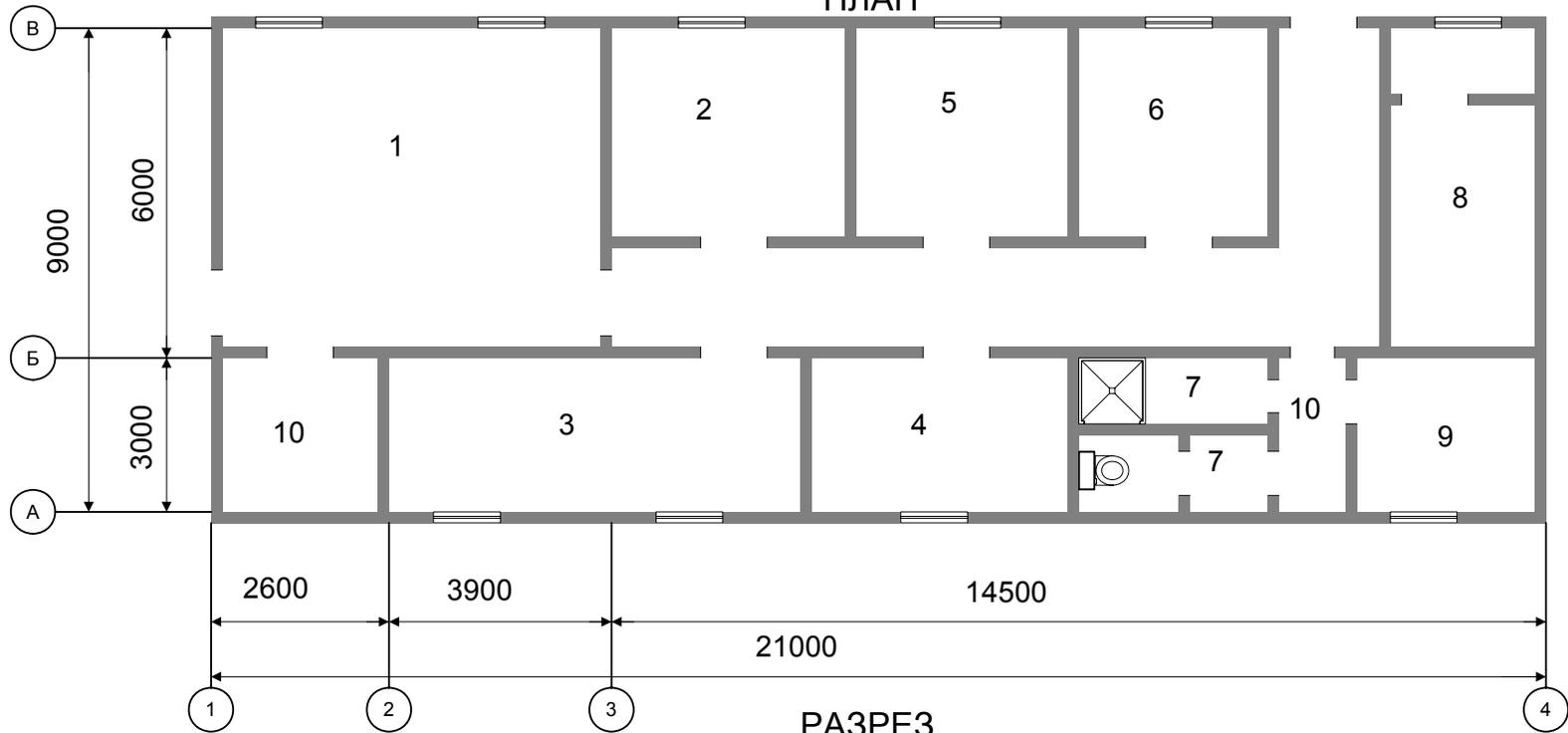
Отделка внутренняя – масляная и клеевая окраска, облицовка глазурованной плиткой.

Инженерное оборудование

Отопление – водяное от собственной котельной.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № М
 Участковая ветеринарная лечебница
 ПЛАН



РАЗРЕЗ

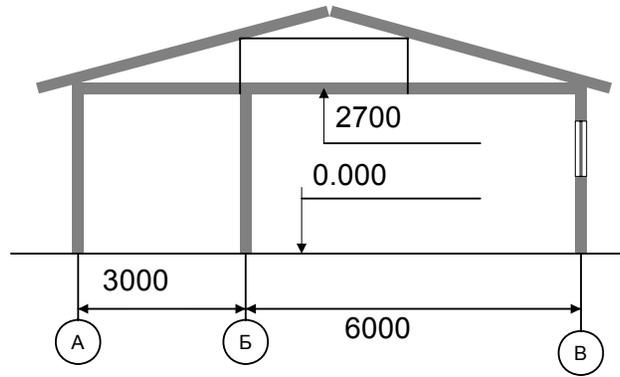


Таблица М.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Манеж	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Диагностический кабинет	2	9	4	5	6	2	4	6	5	2
Моечная автоклавная	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
Аптека	4	2	5	6	9	9	6	4	9	5
Кабинет заведующего	5	4	6	9	2	4	5	9	6	6
Комната ветспециалистов	6	5	9	2	4	6	9	2	4	4
Санузлы, душевая	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Венткамера	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Инвентарная	9	6	2	4	5	5	2	5	2	9
Тамбур	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные.

Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – бетонные, из керамических плиток, из линолеума.

Окна, двери – деревянные.

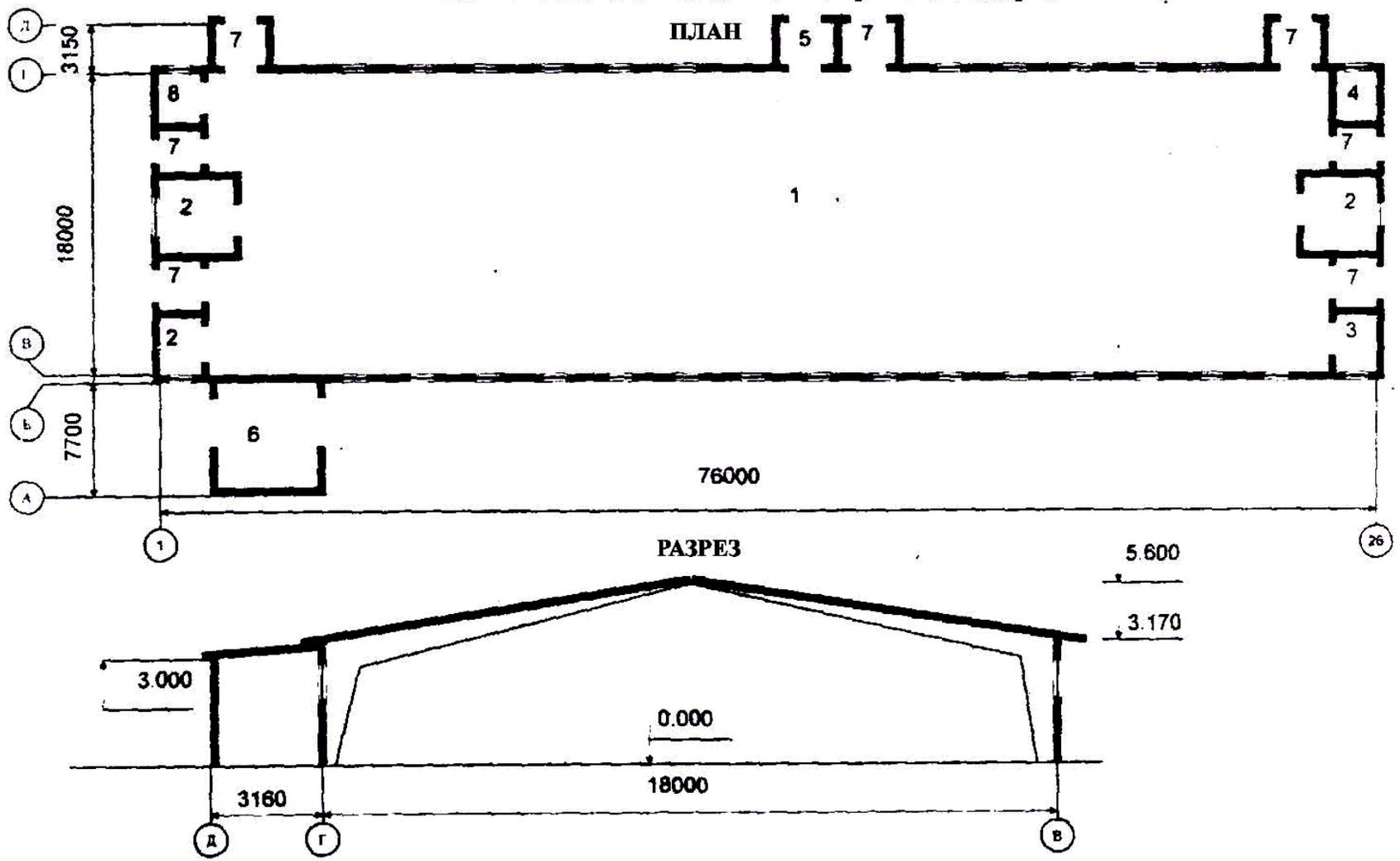
Отделка внутренняя – масляная и клеевая окраска. Потолки окрашиваются известковым раствором.

Инженерное оборудование

Отопление – водяное с параметрами теплоносителя 95-70 °С.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № Н
 Здание на 336 голов молодняка КРС привязного содержания



144

Таблица Н.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Стойловое помещение	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Вентиляционная	2	3	4	5	6	5	8	2	3	4
Помещение для хранения запаса сочных и концентрированных кормов	3	4	5	6	4	8	2	8	8	5
Помещение для дежурного	4	5	6	3	8	2	3	3	4	3
Помещение для взвешивания животных	5	6	2	8	2	3	4	6	6	6
Навозоуборочное помещение	6	8	8	2	3	4	5	4	5	2
Тамбур	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Электрощитовая	8	2	3	4	5	6	6	5	2	8

Характеристика строительных конструкций

Стены – железобетонные панели.

Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – бетонные, деревянные.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя - известковая и клеевая окраска.

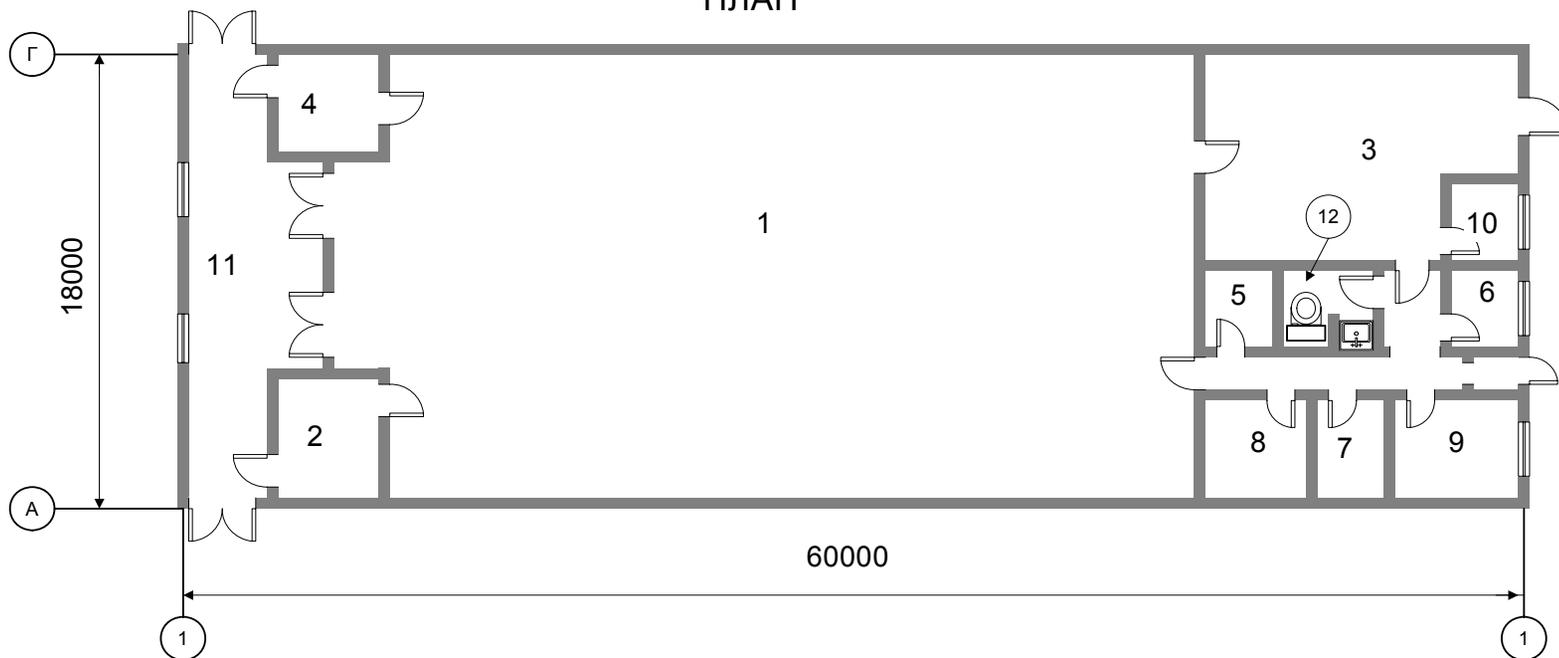
Инженерное оборудование

Отопление – водяное централизованное.

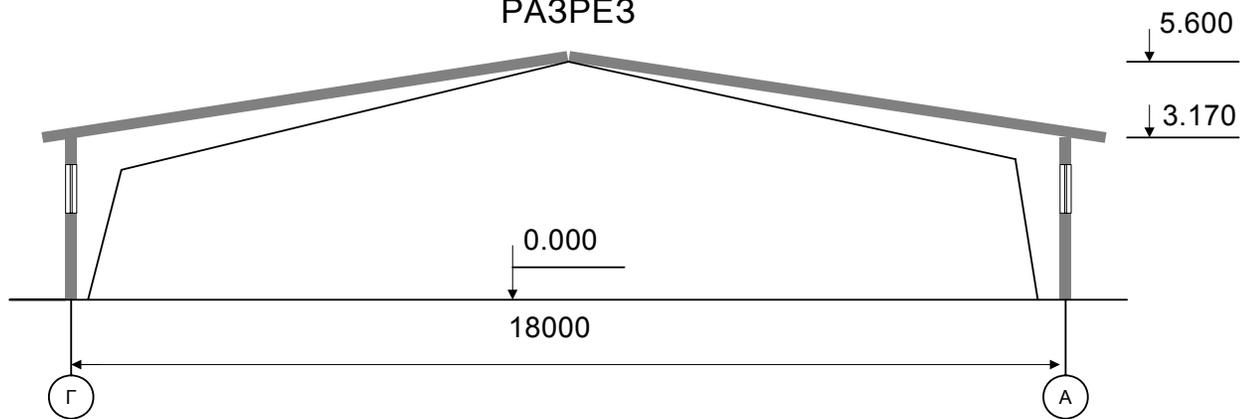
Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № 0
Родильная на 96 коров

ПЛАН



РАЗРЕЗ



146

146

Таблица О.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для отела коров	1	3	1	3	1	3	1	3	1	3
Помещение для санитарной обработки коров	2	4	2	4	2	4	2	4	2	4
Профилакторий для телят	3	1	3	1	3	1	3	1	3	1
Вентиляционная камера	4	2	4	2	4	2	4	2	4	2
Вакуум-насосная	5	6	7	8	9	10	11	5	6	7
Кубовая	6	7	8	9	10	11	5	11	5	6
Комната персонала	7	8	9	10	11	5	6	10	11	5
Моечная молочная	8	9	10	11	5	6	7	9	10	11
Помещение для подготовки и хранения кормов	9	10	11	5	6	7	8	8	9	10
Помещение для подстилки	10	11	5	6	7	8	9	7	8	9
Помещение навозоудаления и инвентарная	11	5	6	7	8	9	10	6	7	8
Санузел	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Характеристика строительных конструкций

Стены – железобетонные панели, кирпич. Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – бетонные, деревянные, из керамической плитки.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – поверхности стен и перекрытий окрашиваются известковой краской; окна, двери и ворота окрашиваются масляной краской.

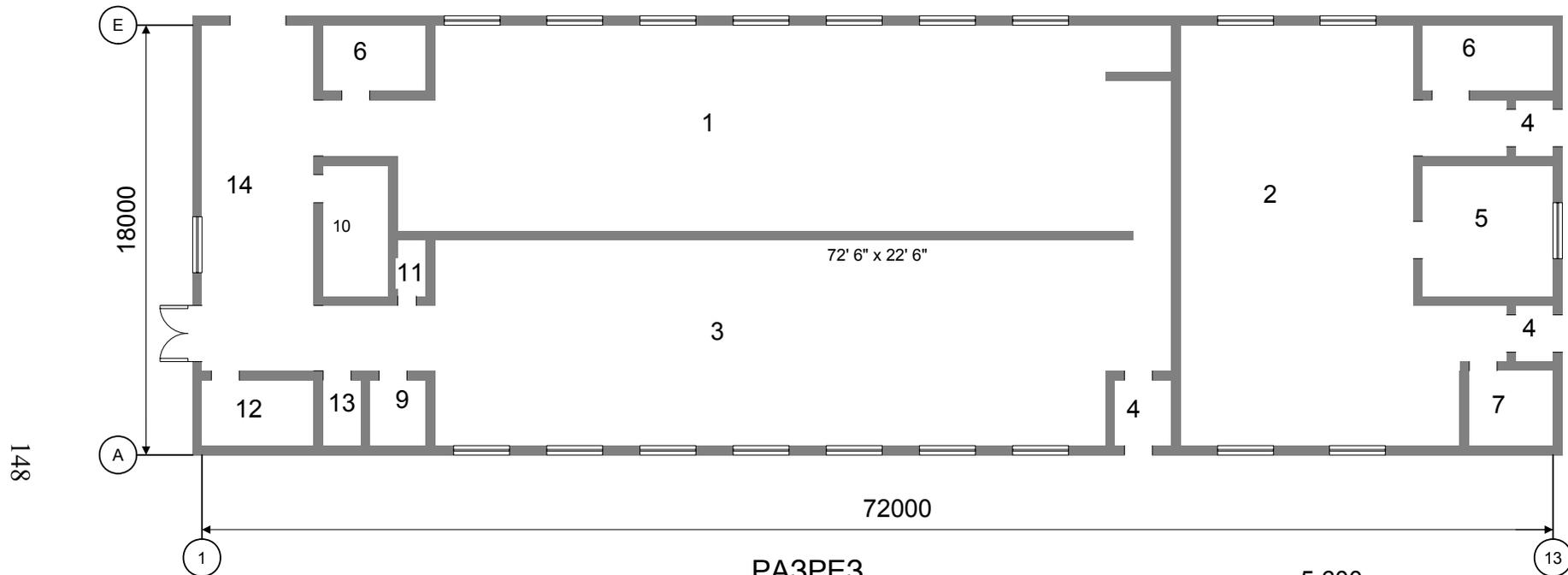
Инженерное оборудование

Отопление – водяное централизованное.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № П
Свинарник для опоросов на 24 места

ПЛАН



РАЗРЕЗ

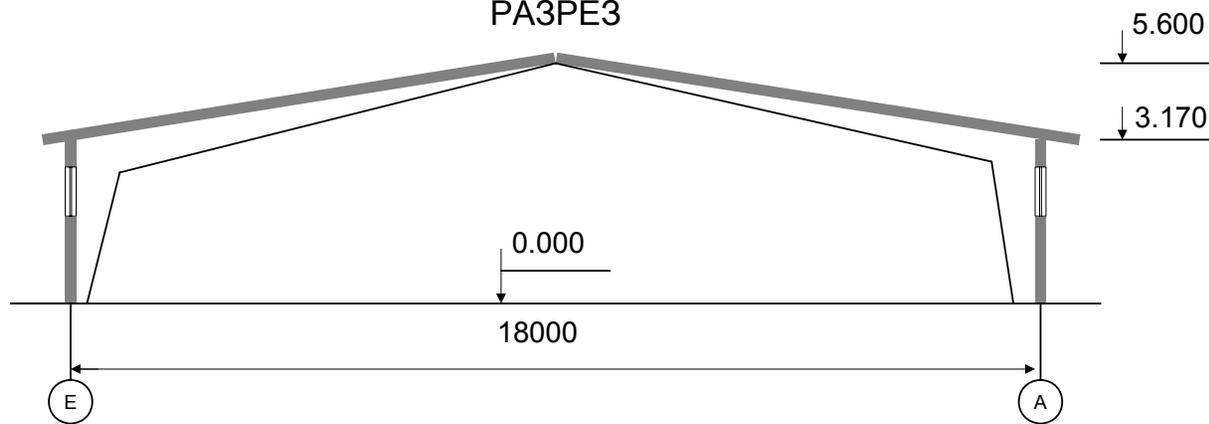


Таблица П.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для опоросов	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Помещение для поросят отъемышей и ремонтных свинок	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Помещение холостых супоросных маток и отделение для хряков	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Тамбур	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Машинное отделение с навозосборником	5	6	7	8	9	10	11	12	12	5
Приточная венткамера	6	7	8	9	10	11	12	11	5	11
Вспомогательное помещение	7	8	9	10	11	12	10	5	6	12
Площадка для взвешивания	8	9	10	11	12	9	5	6	7	10
Служебное помещение	9	10	11	12	8	5	6	7	8	9
Электрощитовая	10	11	12	7	5	6	7	8	9	8
Инвентарная	11	12	6	5	6	7	8	9	10	7
Помещение теплового узла	12	5	5	6	7	8	9	10	11	6
Санузел	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13
Коридор	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14

Характеристика строительных конструкций

Стены – железобетонные панели, кирпич. Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – бетонные, деревянные.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – поверхности стен и перекрытий окрашиваются известковой краской; окна, двери и ворота окрашиваются масляной краской.

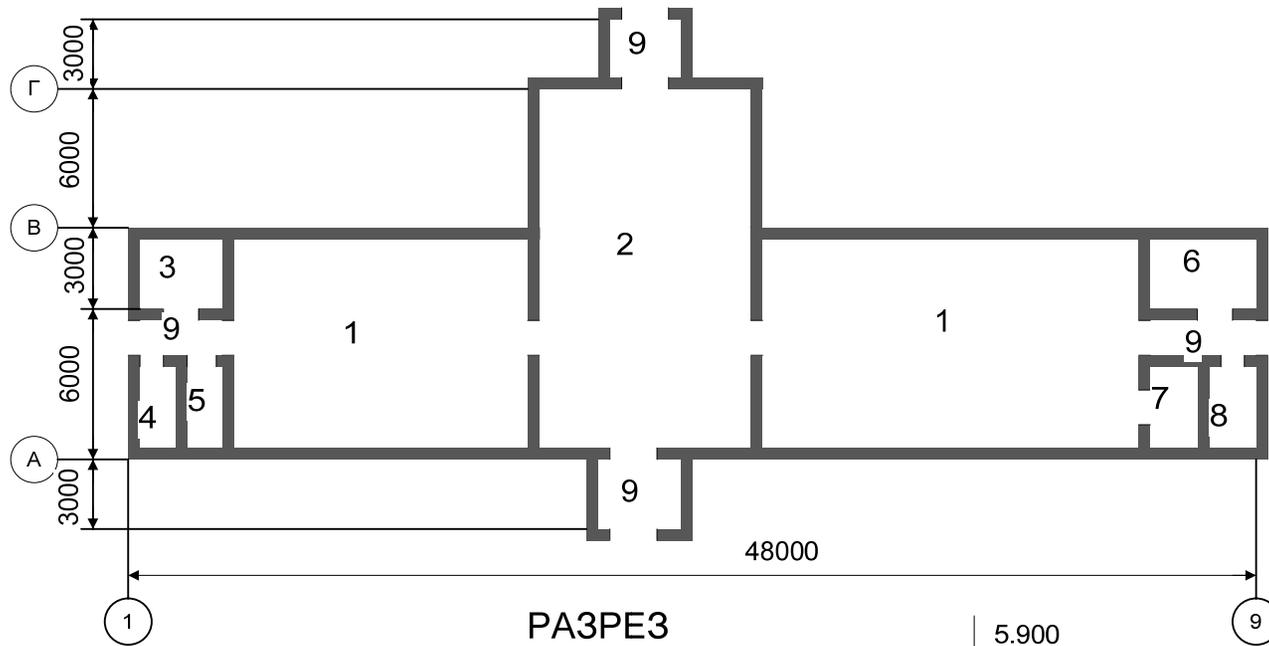
Инженерное оборудование

Отопление – водяное централизованное.

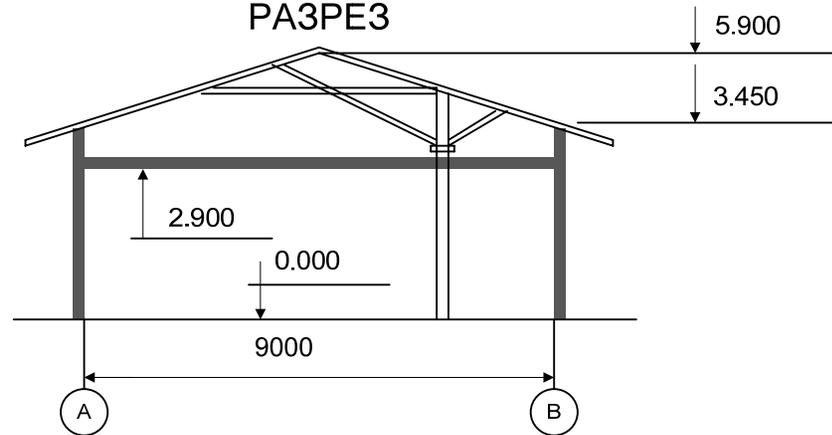
Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № Р
Свинарник на 280 голов ремонтного молодняка

ПЛАН



РАЗРЕЗ



150

150

Таблица Р.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для содержания свиней	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Помещение для кормления животных	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Помещение для персонала	3	5	6	7	8	3	5	6	7	5
Санузел	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Помещение для концкормов	5	6	7	8	3	8	3	5	6	6
Помещение для подстилки	6	7	8	3	5	7	8	3	5	7
Помещение для инвентаря	7	8	3	5	6	6	7	8	3	8
Щитовая	8	3	5	6	7	5	6	7	8	3
Тамбуры	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – железобетонные панели.

Полы – асфальтовые, бетонные, деревянные.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – поверхности стен и перекрытий окрашиваются известковым составом.

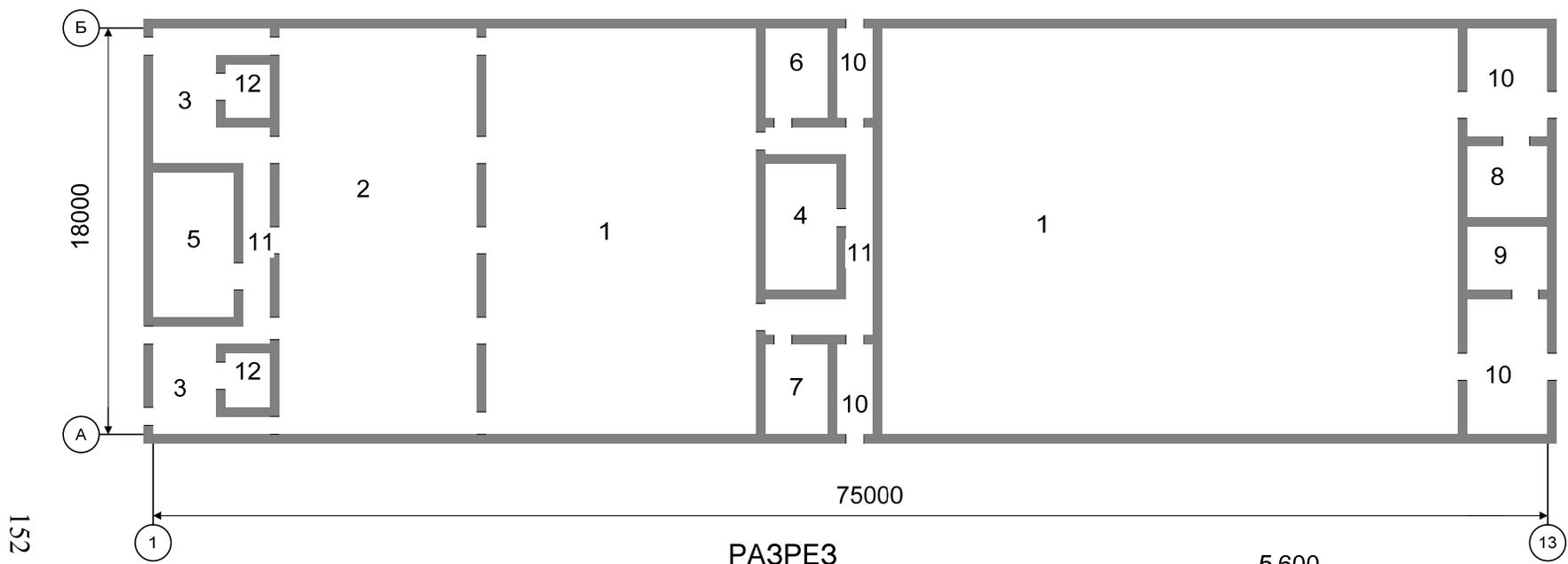
Инженерное оборудование

Отопление – водяное централизованное.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № С
 Свинарник на 1840 голов поросят-отъемышей

ПЛАН



РАЗРЕЗ

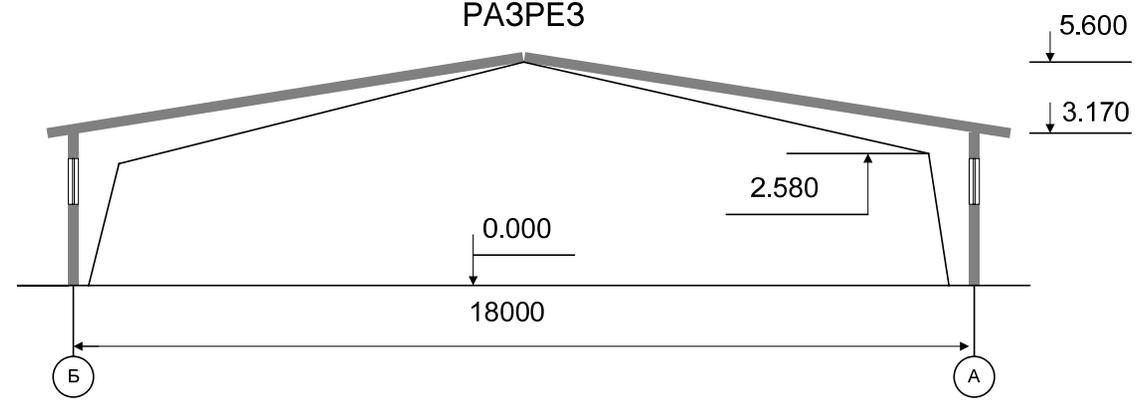


Таблица С.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Отделение на 1840 голов поросят отъемышей	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Отделение на 270 голов ремонтного молодняка	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Кормоприемное отделение	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Вентиляционная камера	4	5	6	7	9	9	4	5	6	7
Вентиляционная камера с тепловым узлом	5	6	7	9	4	7	9	4	5	6
Помещение для обслуживающего персонала	6	7	9	4	5	6	7	9	4	5
Электрощитовая	7	9	4	5	6	5	6	7	9	4
Уборная	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Инвентарная, вентиляторная	9	4	5	6	7	4	5	6	7	9
Тамбур	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Коридор	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Кладовая	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Характеристика строительных конструкций

Стены – из трехслойных железобетонных панелей.

Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – бетонные, керамзитобетонные, деревянные и из керамических плиток.

Окна, двери – деревянные.

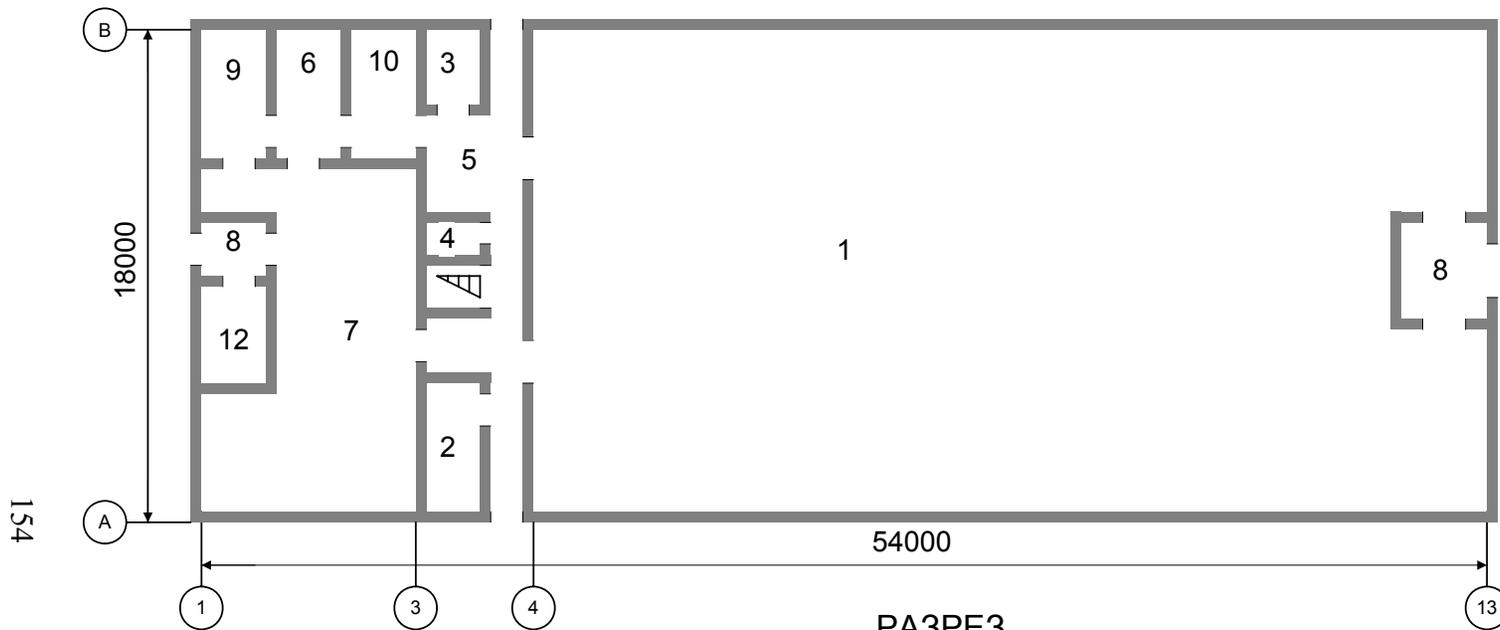
Отделка внутренняя – поверхности стен и перекрытий окрашиваются известковым раствором, в служебном помещении и санузле стены штукатурятся.

Инженерное оборудование

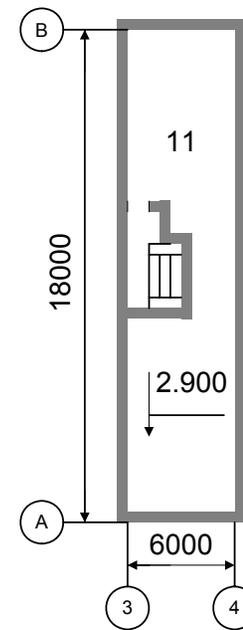
Отопление – водяное централизованное.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

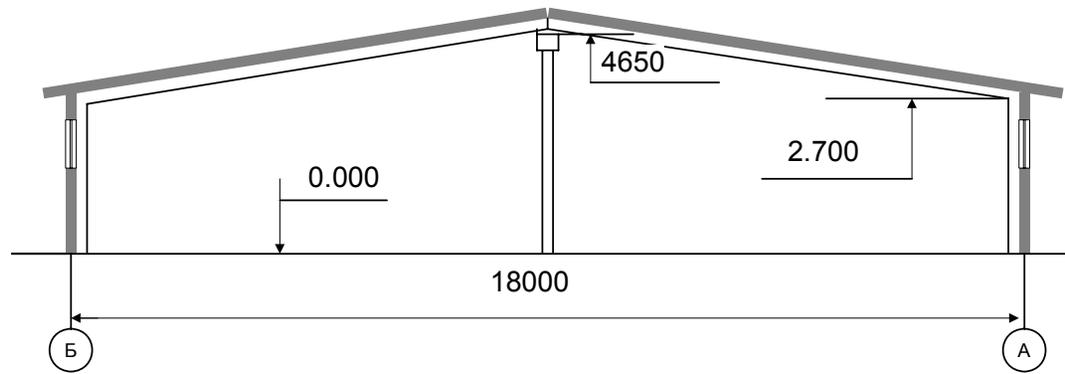
Задание № Т
Свинарник на 56 хряков
ПЛАН



ПЛАН
венткамеры и
щитовой



РАЗРЕЗ



154

Таблица Т.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для содержания животных	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Помещение для обслуживающего персонала	2	3	4	10	6	9	10	9	6	2
Инвентарная	3	4	9	6	9	10	2	6	3	4
Санузел	4	6	6	9	10	2	3	4	4	3
Коридор	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Манеж	6	9	10	2	3	4	4	3	2	10
Помещение для передержки маток	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Тамбуры	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Лаборатория	9	10	2	3	4	3	6	2	10	9
Помещение для санобработки хряков	10	2	3	4	2	6	9	10	9	6
Венткамера и щитовая	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Теплоузел	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Характеристика строительных конструкций

Стены – двухслойные стеновые панели и кирпичные

Покрытие – из железобетонных плит.

Полы – бетонные, асфальтобетонные, цементные, линолеум и керамическая плитка.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – известковая побелка, масляная окраска, облицовка керамической плиткой.

Инженерное оборудование

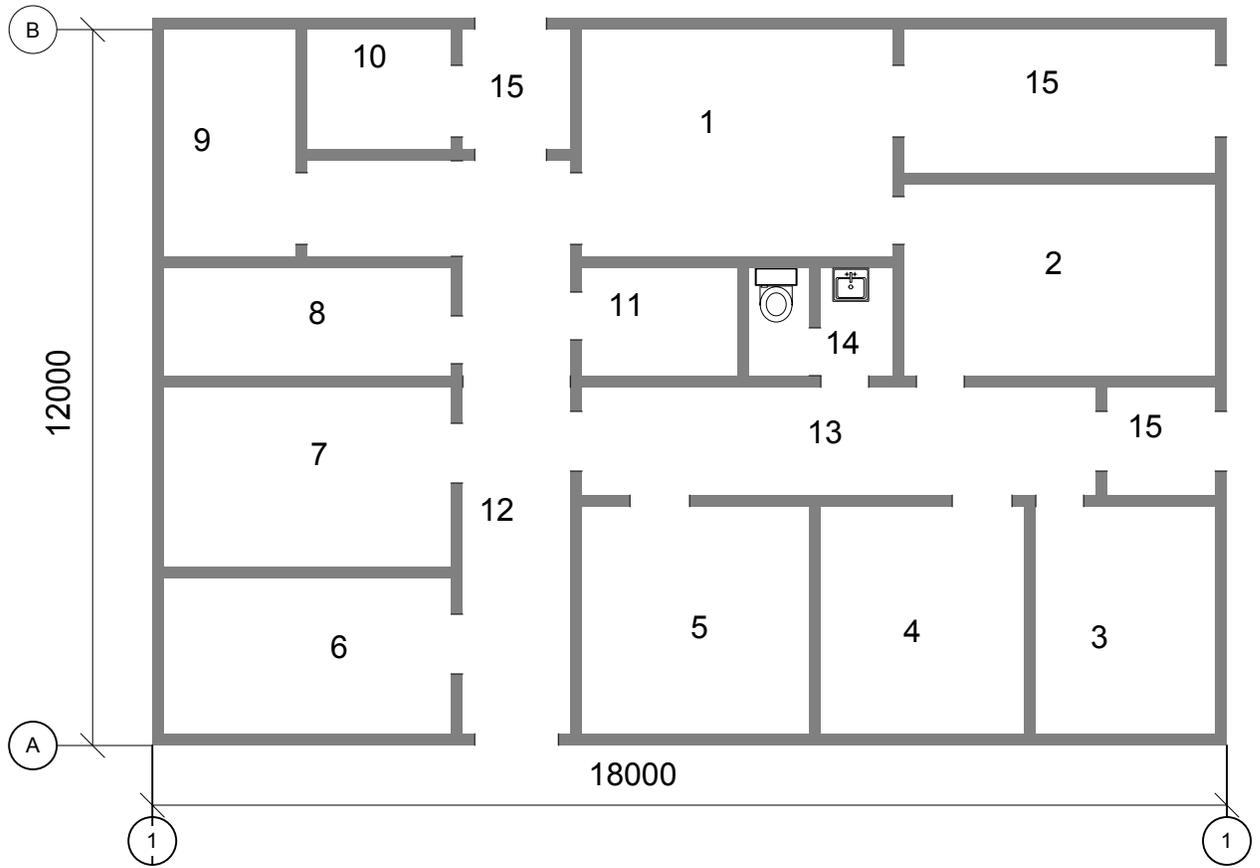
Отопление – воздушное, совмещенное с вентиляцией и нагревательными приборами.

Теплоноситель – вода с параметрами 150-70 °С.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным и механическим побуждением воздуха.

Задание № У
Государственная станция по племенной работе и
искусственному осеменению

ПЛАН



РАЗРЕЗ

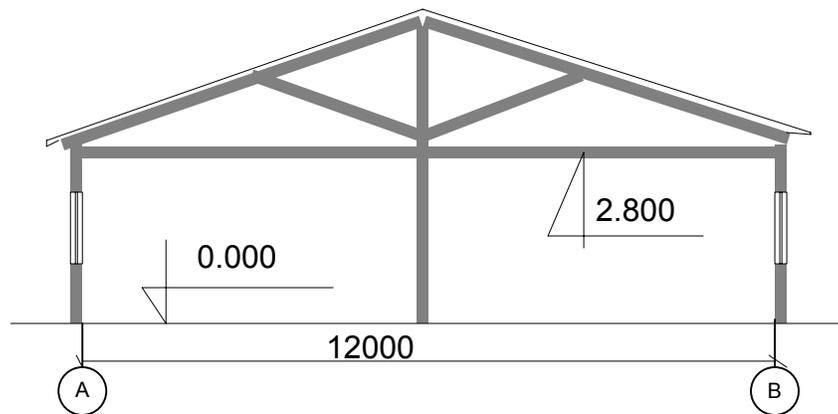


Таблица У.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Манеж-приемная	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Кабинет врача	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Аптека	3	4	5	6	7	8	9	10	11	2
Комната для персонала	4	5	6	7	8	9	10	11	2	3
Кладовая для дезосредств	5	6	7	8	9	10	11	2	3	4
Денник для жеребцов	6	7	8	9	10	11	2	3	4	5
Денник для быка	7	8	9	10	11	2	3	4	5	6
Станок для хряка	8	9	10	11	2	3	4	5	6	7
Загон для барана	9	10	11	2	3	4	5	6	7	8
Фуражная	10	11	2	3	4	5	6	7	8	9
Инвентарная	11	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Служебный проход	12	13	12	13	12	13	12	13	12	13
Коридор	13	12	13	12	13	12	13	12	13	12
Санузел	14	14	14	14	14	14	14	14	14	14
Тамбуры	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – железобетонные плиты.

Полы – асфальтобетонные, цементные, дощатые и металлические плиты.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – окраска стен и потолков влагостойкой краской светлого тона.

Инженерное оборудование

Отопление – водяное от отдельно-стоящей котельной.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным побуждением воздуха.

Задание № Ф
Свинарник-откормочник на 500 мест
ПЛАН

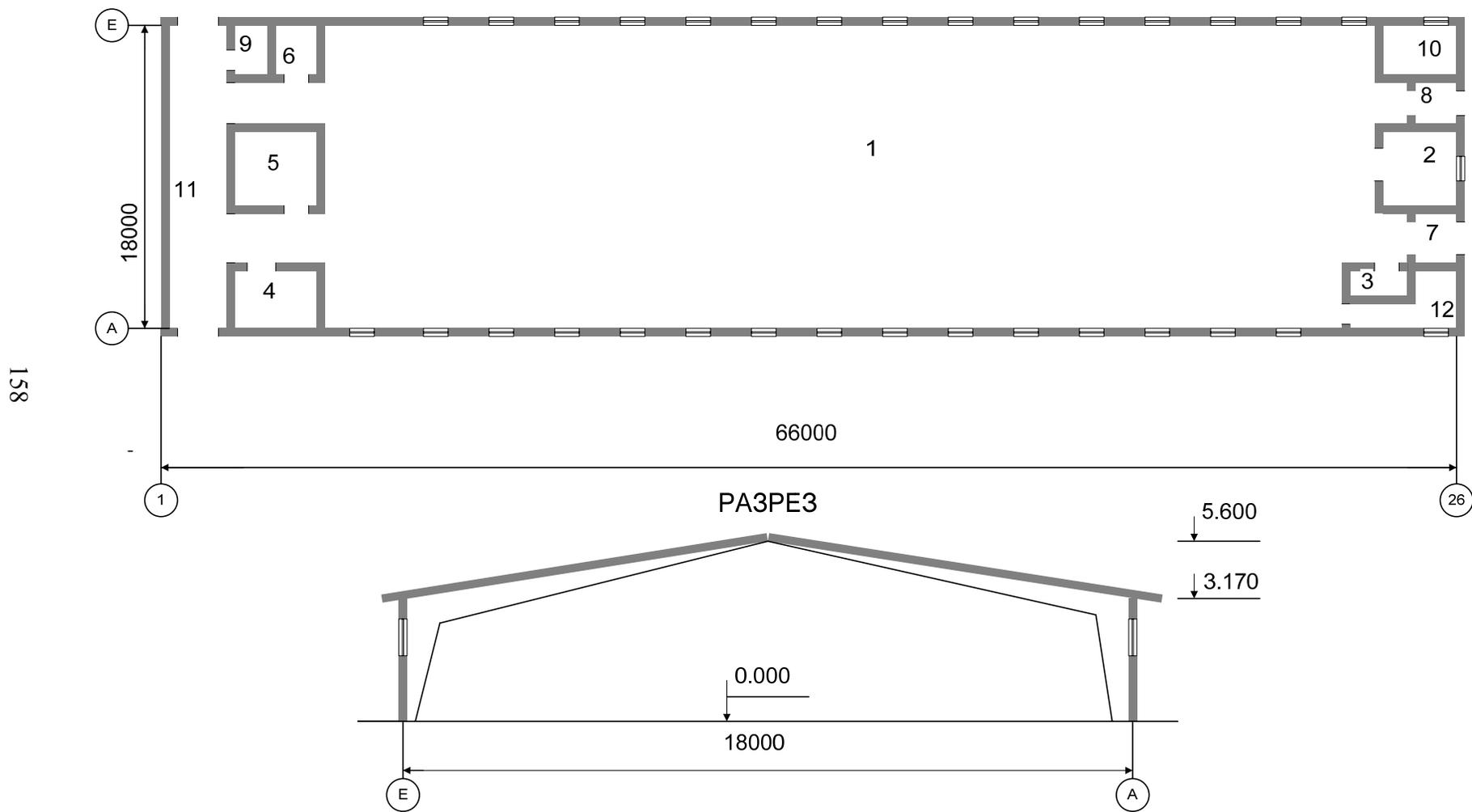


Таблица Ф.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для откорма свиней	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Машинное отделение с навозосборником	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Вытяжная венткамера	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Электрощитовая	4	5	6	7	9	10	12	10	9	7
Приточная венткамера	5	6	7	9	10	12	4	9	7	6
Служебное помещение	6	7	9	10	12	4	5	7	6	5
Коридор	7	9	10	12	4	5	6	6	5	4
Тамбур	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Инвентарная	9	10	12	4	5	6	7	5	4	12
Площадка для взвешивания	10	12	4	5	6	7	9	4	12	10
Коридор	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Вспомогательное помещение	12	4	5	6	7	9	10	12	10	9

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные

Покрытие – железобетонные плиты.

Полы – асфальтобетонные, цементные, дощатые.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – известковая побелка, масляная окраска, облицовка керамической плиткой.

Инженерное оборудование

Отопление – водяное от отдельно-стоящей котельной.

Вентиляция – приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

Задание № X
Свинарник на 10 хряков, 196 маток и 120 ремонтных свинок
ПЛАН

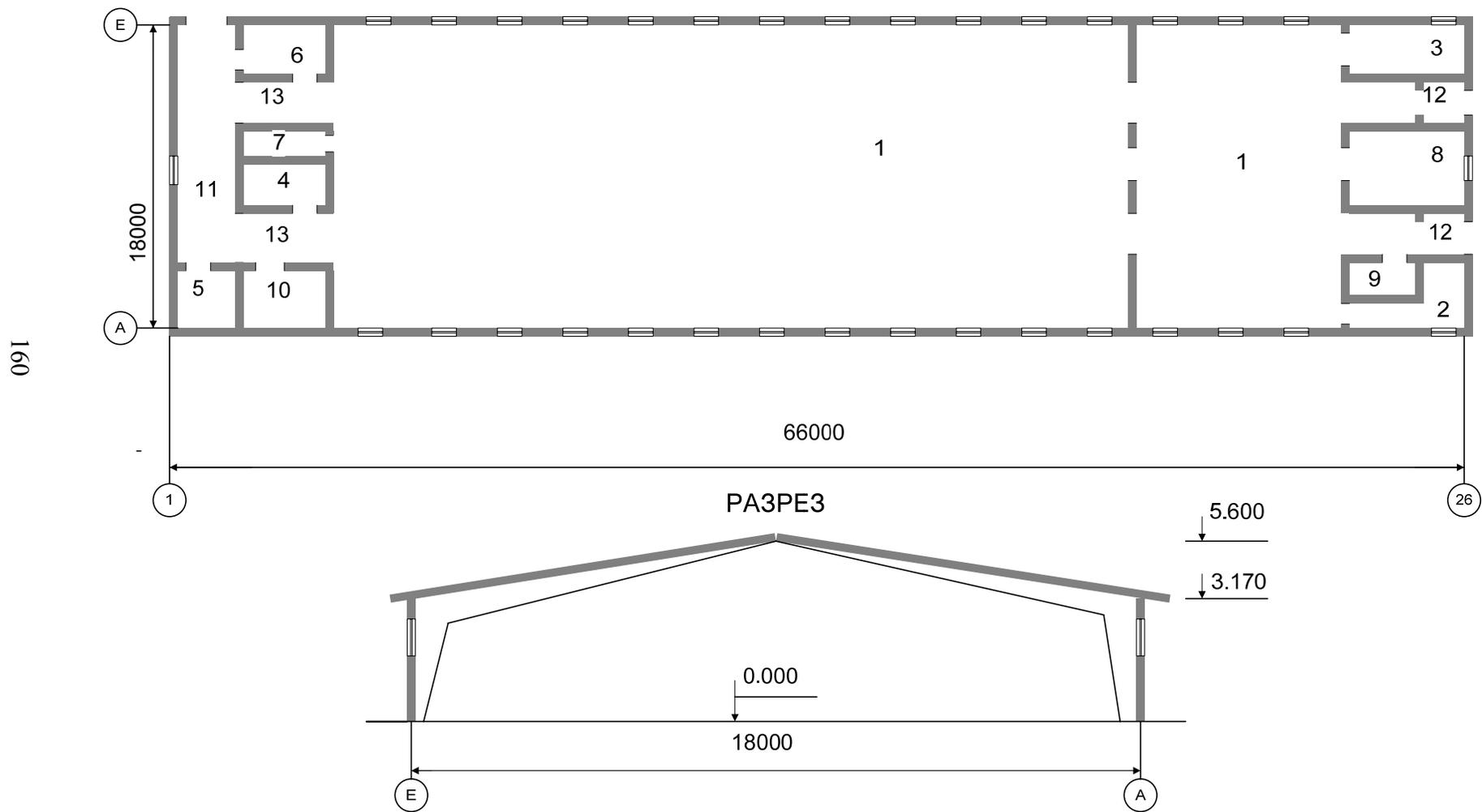


Таблица X.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для содержания свиней	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Инвентарная	2	4	5	7	8	9	10	9	8	7
Площадка для взвешивания	3	6	3	6	3	6	3	6	3	6
Приточная венткамера	4	5	7	8	9	10	2	8	7	5
Тепловой пункт	5	7	8	9	10	2	4	7	5	4
Служебное помещение	6	3	6	3	6	3	6	3	6	3
Помещение для санобработки маток	7	8	9	10	2	4	5	5	4	2
Машинное отделение с навозосборником	8	9	10	2	4	5	7	4	2	10
Вытяжная венткамера	9	10	2	4	5	7	8	2	10	9
Электрощитовая	10	2	4	5	7	8	9	10	9	8
Коридор	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Тамбур	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Коридор	13	13	13	13	13	13	13	13	13	13

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – железобетонные плиты.

Полы – асфальтобетонные, цементные, дощатые.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – известковая побелка, масляная окраска, облицовка керамической плиткой.

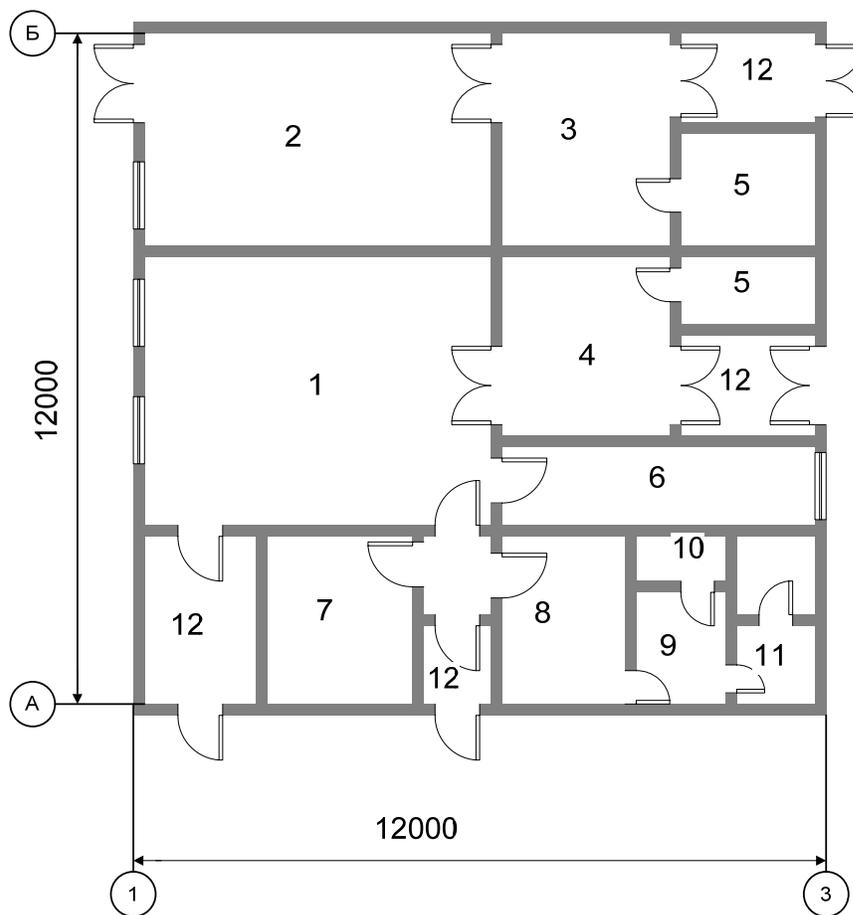
Инженерное оборудование

Отопление – водяное от отдельно-стоящей котельной.

Вентиляция – приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

Задание № Ц
Убойно-санитарный пункт фермы КРС

ПЛАН



РАЗРЕЗ

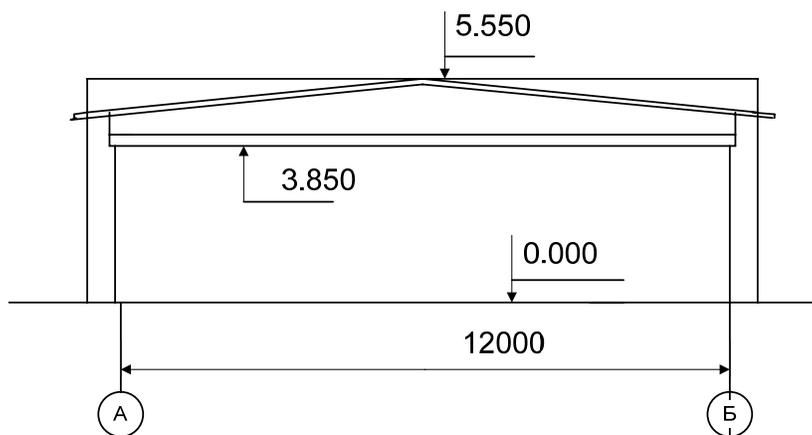


Таблица Ц.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение убоя скота	1	2	3	4	2	6	7	6	1	4
Вскрывочная	2	3	4	1	6	7	1	2	4	3
Камера временного хранения трупов	3	4	7	6	7	1	2	4	3	2
Камера временного хранения туш и субпродуктов	4	6	6	7	1	2	3	3	2	1
Помещение холодильных машин	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Помещение для обработки и временного хранения кож	6	7	1	2	3	4	4	1	7	6
Помещение для приготовления дезинфицирующего раствора	7	1	2	3	4	3	6	7	6	7
Служебное помещение	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Гардероб	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
Душевая	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Санузел	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Тамбур	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – бетонные, керамические, дощатые.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя - известковая побелка, окна и двери окрашиваются масляной краской.

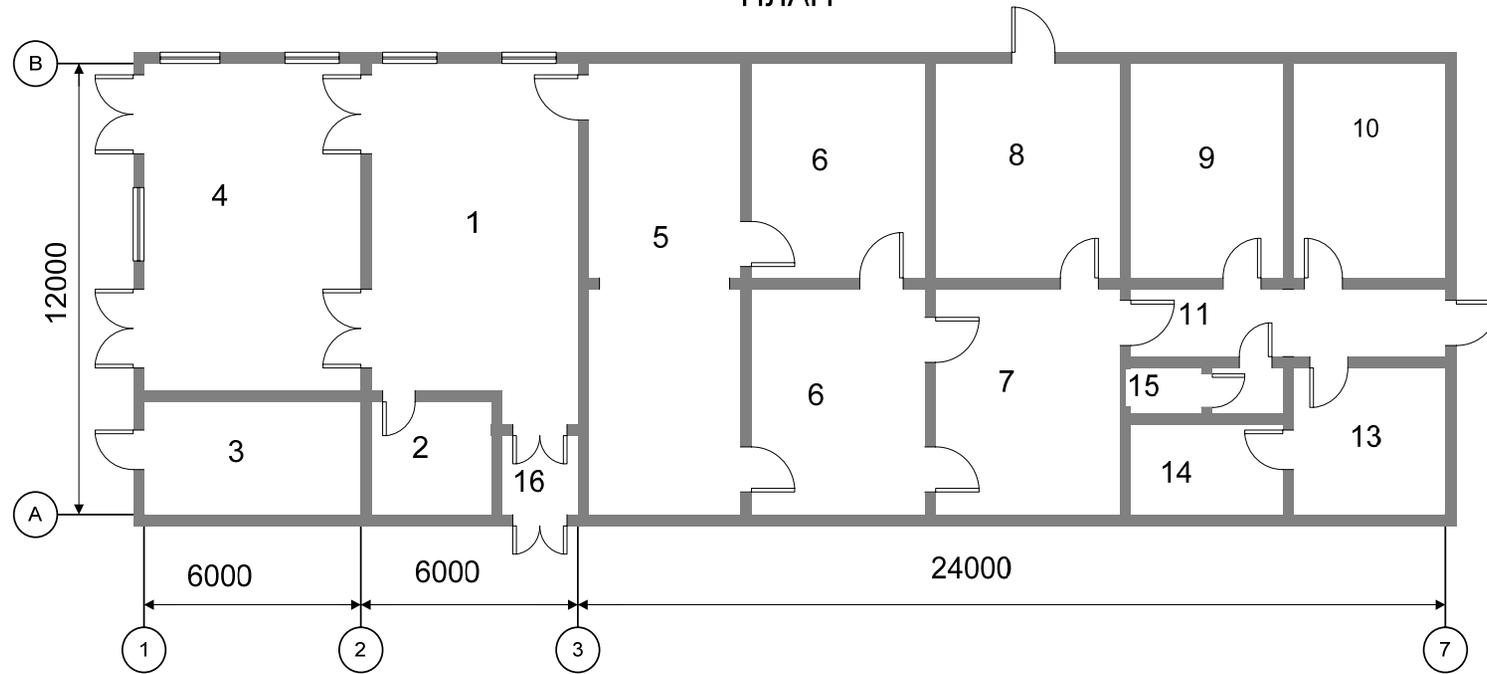
Инженерное оборудование

Отопление – водяное от отдельно-стоящей котельной.

Вентиляция – приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

Задание № 4
Здание приема и отгрузки скота

ПЛАН



РАЗРЕЗ

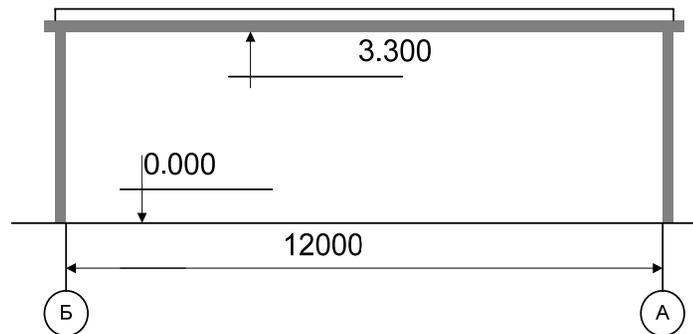


Таблица Ч.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Приемная	1	4	1	4	1	4	1	4	1	4
Комната персонала	2	3	8	7	8	9	13	14	13	9
Склад дезосредств	3	7	7	8	9	13	14	2	9	8
Помещение для взвешивания молодняка	4	1	4	1	4	1	4	1	4	1
Помещение санобработки телят	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Помещение сушки телят	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Помещение для взвешивания и осмотра телят	7	8	9	13	14	2	3	3	7	7
Манеж-приемная	8	9	13	14	2	3	2	7	8	3
Кабинет врача	9	13	14	2	3	14	7	8	3	2
Венткамера	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Коридор	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
Тамбур	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
Аптека	13	14	2	3	13	7	8	9	2	14
Кладовая биопрепаратов	14	2	3	9	7	8	9	13	14	13
Санузел	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
Тамбур	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – асфальтобетонные, керамическая плитка, линолеум.

Окна, двери – деревянные.

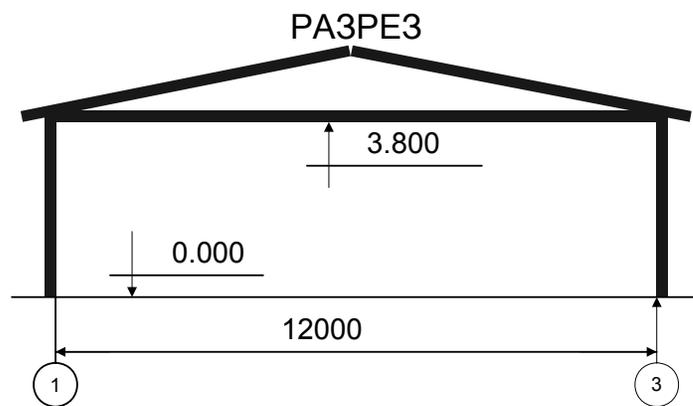
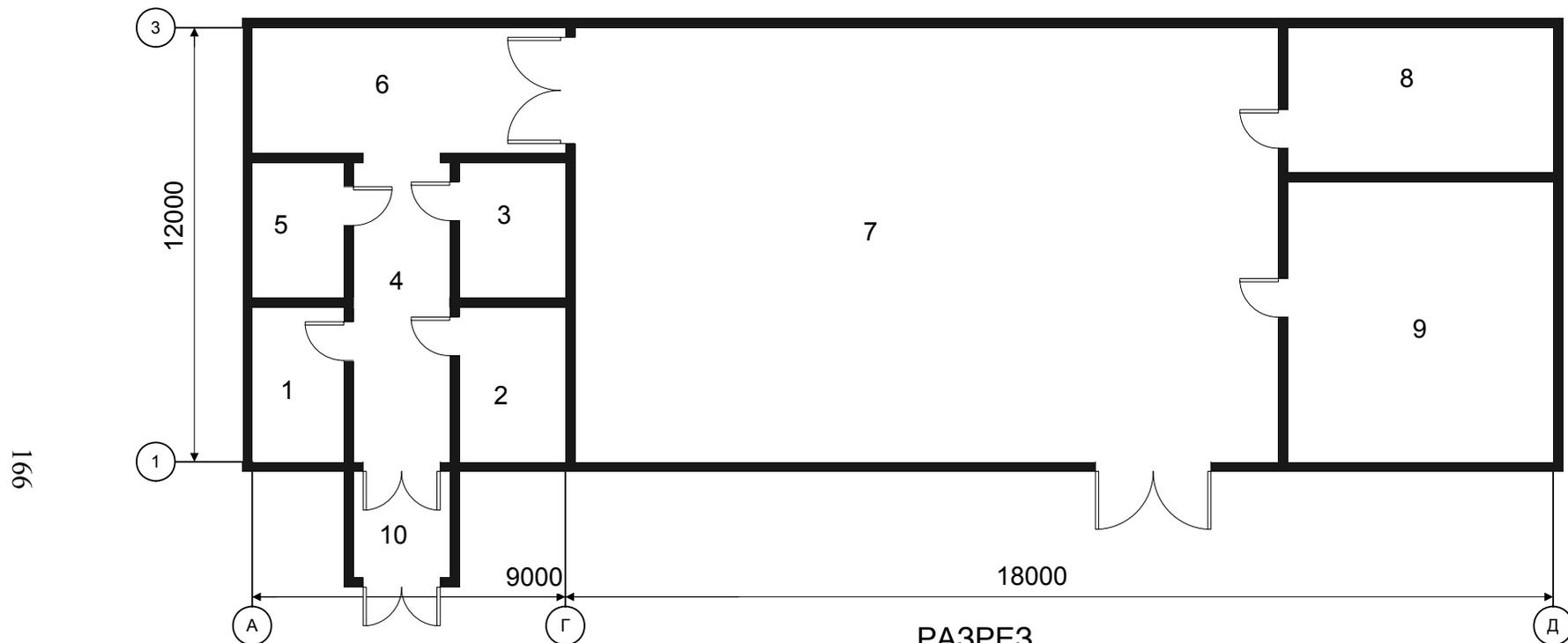
Отделка внутренняя – панели на высоту 2,0 м из керамической плитки, масляной окраски, потолки - известковая побелка.

Инженерное оборудование

Отопление – водяное от отдельно-стоящей котельной.

Вентиляция – приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

Задание № Ш
Конюшня на 50 кобылиц с жеребятами
ПЛАН



166

166

1

Таблица Ш.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Фуражная	1	2	3	5	6	5	3	2	1	6
Сбруйно-инвентарная	2	3	5	6	1	3	2	1	6	5
Дежурная	3	5	6	1	2	2	1	6	5	3
Коридор	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Санитарный денник	5	6	1	2	3	1	6	5	3	2
Секция для группового содержания лошадей	6	1	2	3	5	6	5	3	2	1
Баз	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
Площадка для подстилки	8	9	8	9	8	9	8	9	8	9
Навес	9	8	9	8	9	8	9	8	9	8
Тамбур	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – сборные железобетонные плиты.

Полы – земляные, глинобитные, деревянные.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – окраска стен известковым раствором, окраска столярных изделий масляной краской.

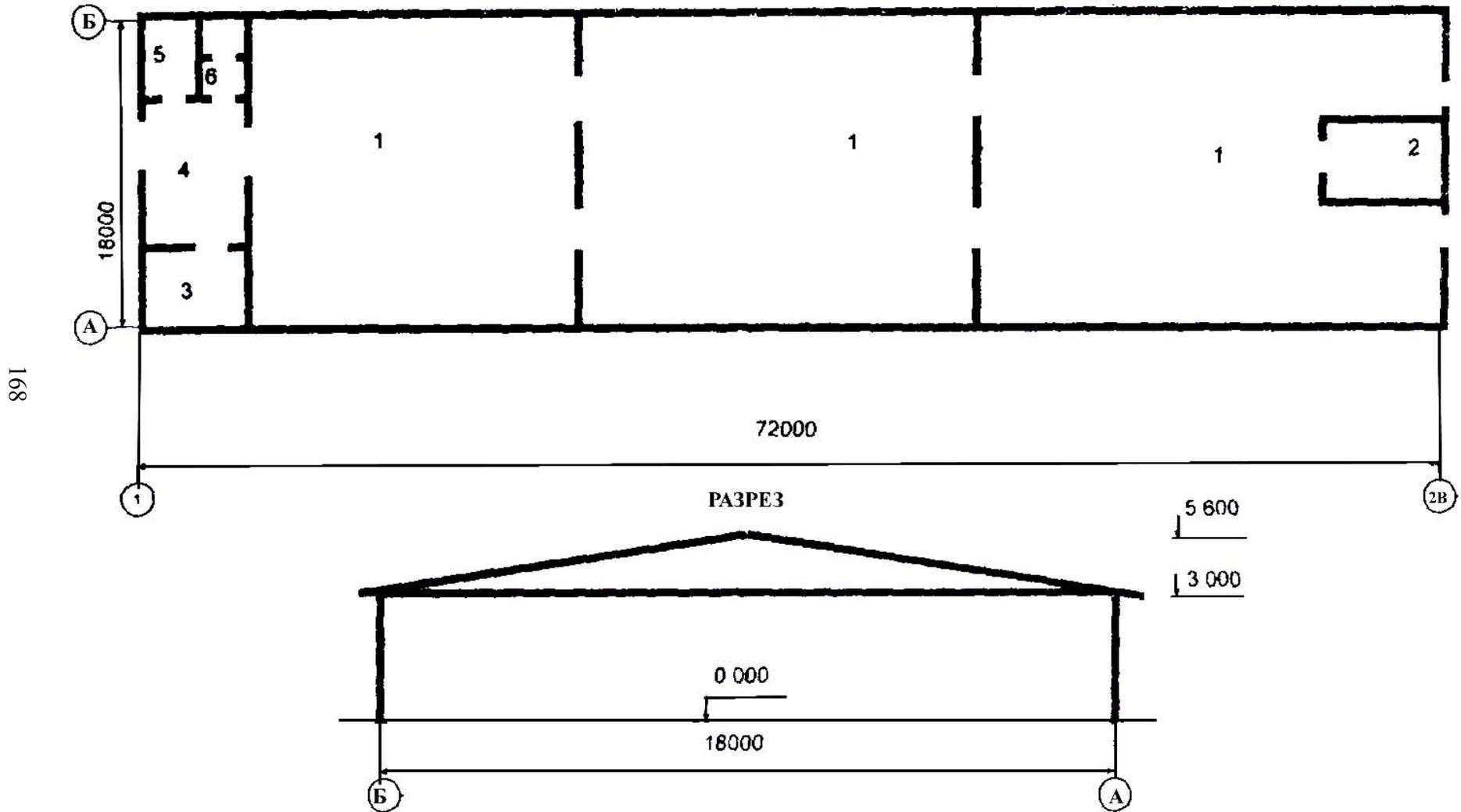
Инженерное оборудование

Отопление – нет.

Вентиляция – приточно-вытяжная с естественным побуждением воздуха.

Задание № III
Птичник на 450 кур родительского стада

ПЛАН



168

Таблица Щ.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для содержания птицы	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Венткамера	2	3	4	5	4	3	2	5	2	3
Венткамера	3	4	5	2	3	2	5	4	4	5
Помещение для оборудования	4	5	2	3	2	5	4	3	3	4
Щитовая	5	2	3	4	5	4	3	2	5	2
Санузел	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6

Характеристика строительных конструкций

Стены – облегченные панели на деревянном каркасе с асбоцементной обшивкой. Потолок – плиты подвесного потолка на деревянном каркасе с асбоцементной обшивкой.

Полы – дощатые, керамическая плитка, бетонные.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – внутренние поверхности помещений окрашиваются известью, штукатурятся, облицовываются керамической плиткой, окрашиваются клеевой и масляными красками. Столярные изделия и металлические детали окрашиваются масляными красками.

Инженерное оборудование

Отопление – воздушное и водяное при помощи радиаторов.

Вентиляция – приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

Задание № Э
Птичник для выращивания 42000 кур молодняка в клеточных батареях
ПЛАН

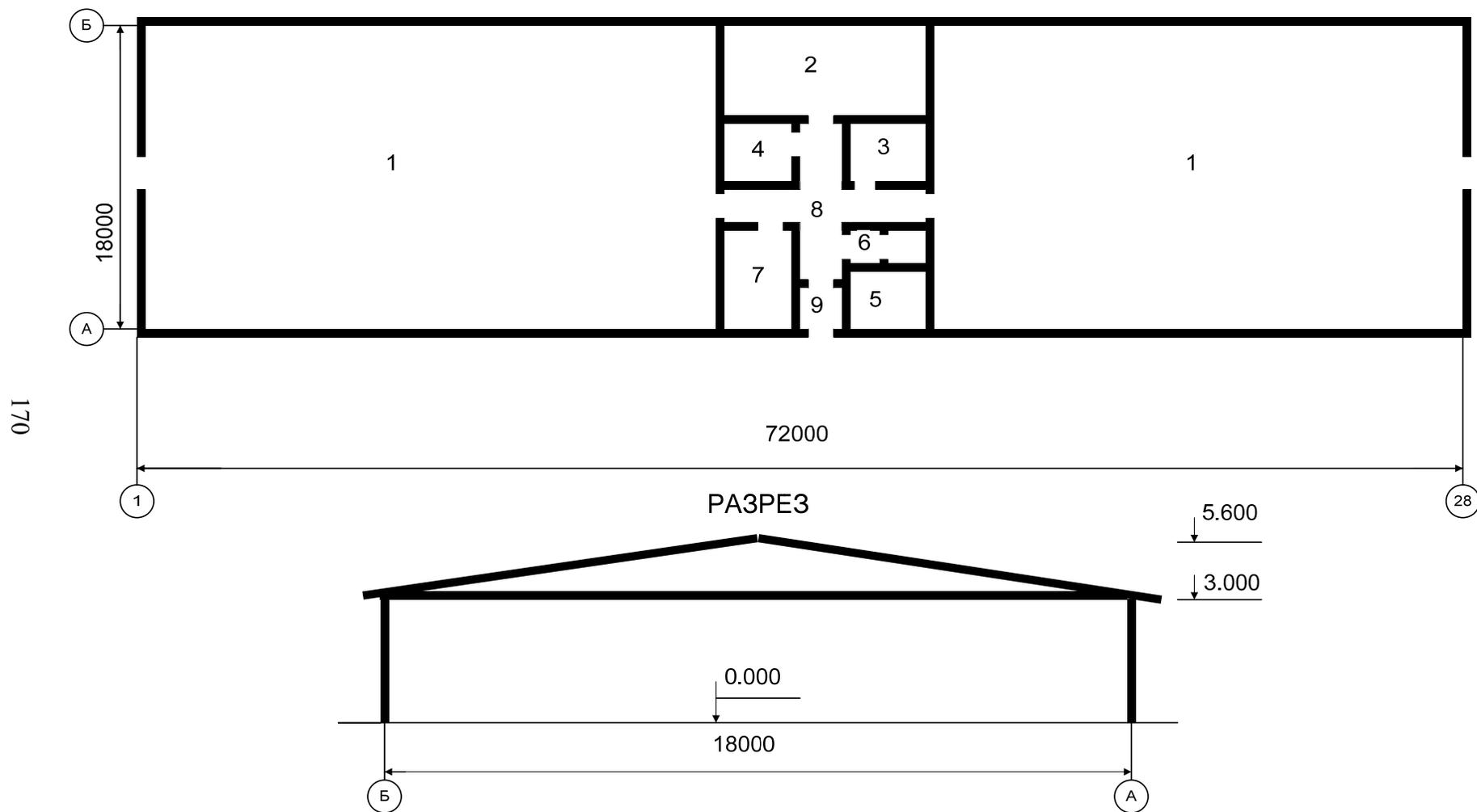


Таблица Э.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Помещение для птицы	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Венткамера	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Щитовая	3	4	5	7	5	4	3	7	4	5
Инвентарная	4	5	7	3	4	3	7	5	7	3
Служебная	5	7	3	4	3	7	5	4	5	4
Санузел	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
Моечная	7	3	4	5	7	5	4	3	3	7
Коридор	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
Тамбур	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9

Характеристика строительных конструкций

Стены – облегченные панели на деревянном каркасе с асбоцементной обшивкой. Покрытие – плиты подвесного потолка на деревянном каркасе с асбоцементной обшивкой.

Полы – дощатые, керамическая плитка, бетонные.

Окна, двери - деревянные.

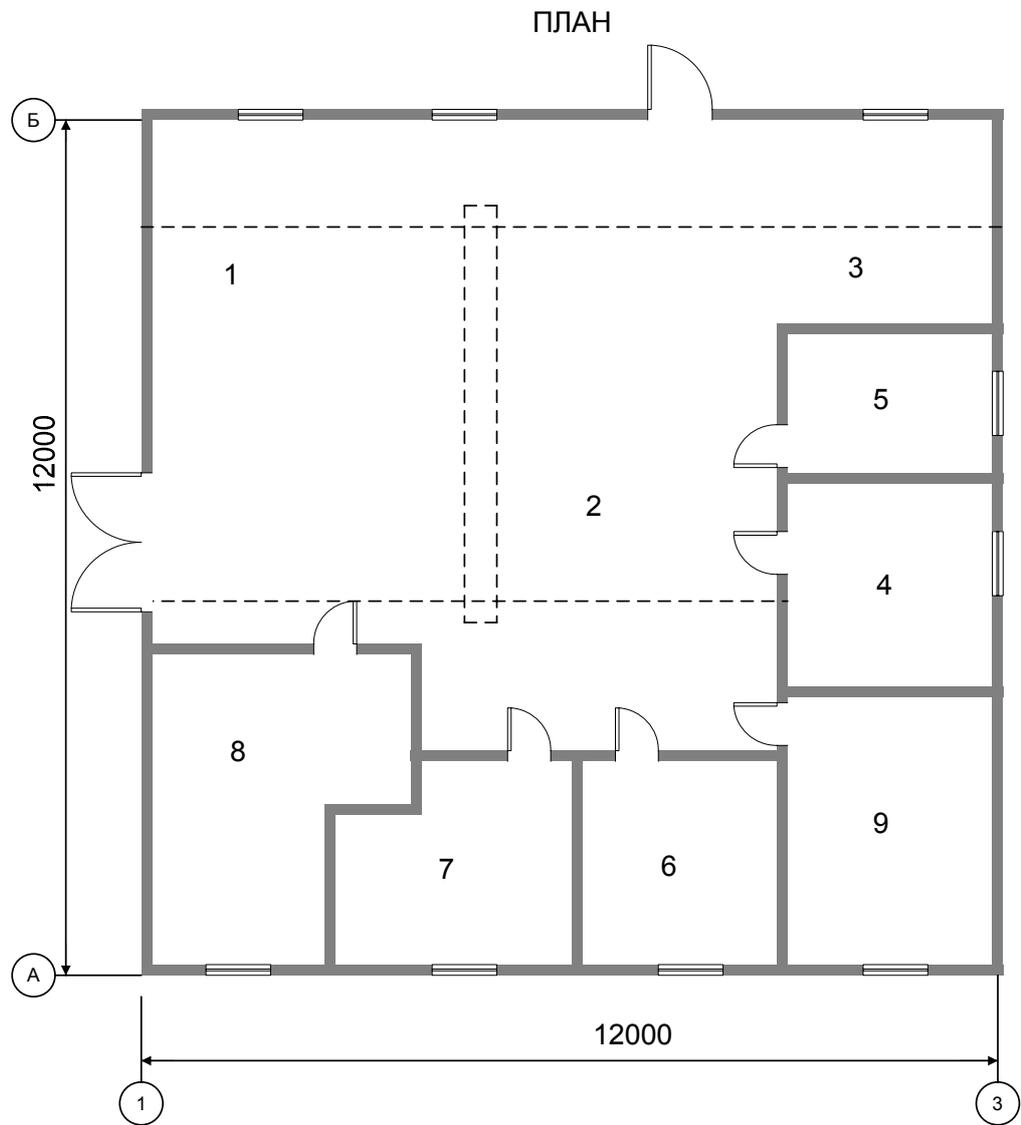
Отделка внутренняя – внутренние поверхности помещений окрашиваются известью, штукатурятся, облицовываются керамической плиткой, окрашиваются клеевой и масляными красками. Столярные изделия и металлические детали окрашиваются масляными красками.

Инженерное оборудование

Отопление – воздушное и водяное при помощи радиаторов.

Вентиляция – приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

Задание № Ю
База ремонта электроустановок III категории на 1000 текущих ремонтов
в год



РАЗРЕЗ

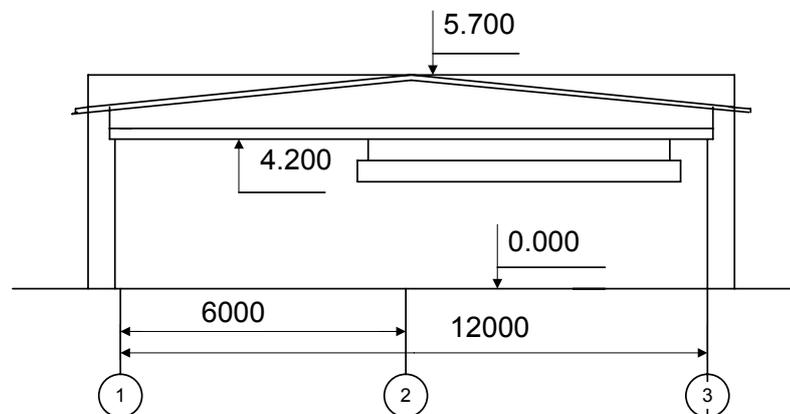


Таблица Ю.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Расходный склад	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
Участок разборки, мойки дефектовки, сборки	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
Контрольно-испытательный участок	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Участок пропитки и окраски	4	5	6	7	8	9	8	7	6	5
Участок сушки	5	6	7	8	9	4	7	6	5	4
Комната дежурного электрика	6	7	8	9	4	5	6	5	4	9
Комната инженера	7	8	9	4	5	6	5	4	9	8
Санитарно-бытовые помещения	8	9	4	5	6	7	4	9	8	7
Тепловой пункт управления	9	4	5	6	7	8	9	8	7	6

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – крупнопанельные железобетонные плиты.

Полы – деревянные, асфальтобетонные, бетонные, из керамической плитки.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – внутренние поверхности во всех помещениях штукатурятся, белятся, и устраивается панель масляная или из керамической плитки. Окна, двери и металлические детали окрашиваются масляной краской.

Инженерное оборудование

Отопление – водяное с параметрами теплоносителя 115-70 °С.

Вентиляция – приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

Задание № Я
База ремонта электроустановок

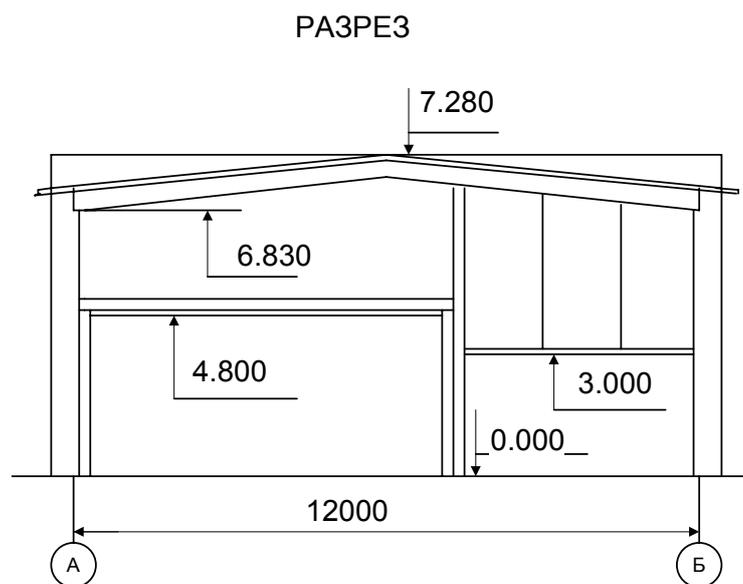
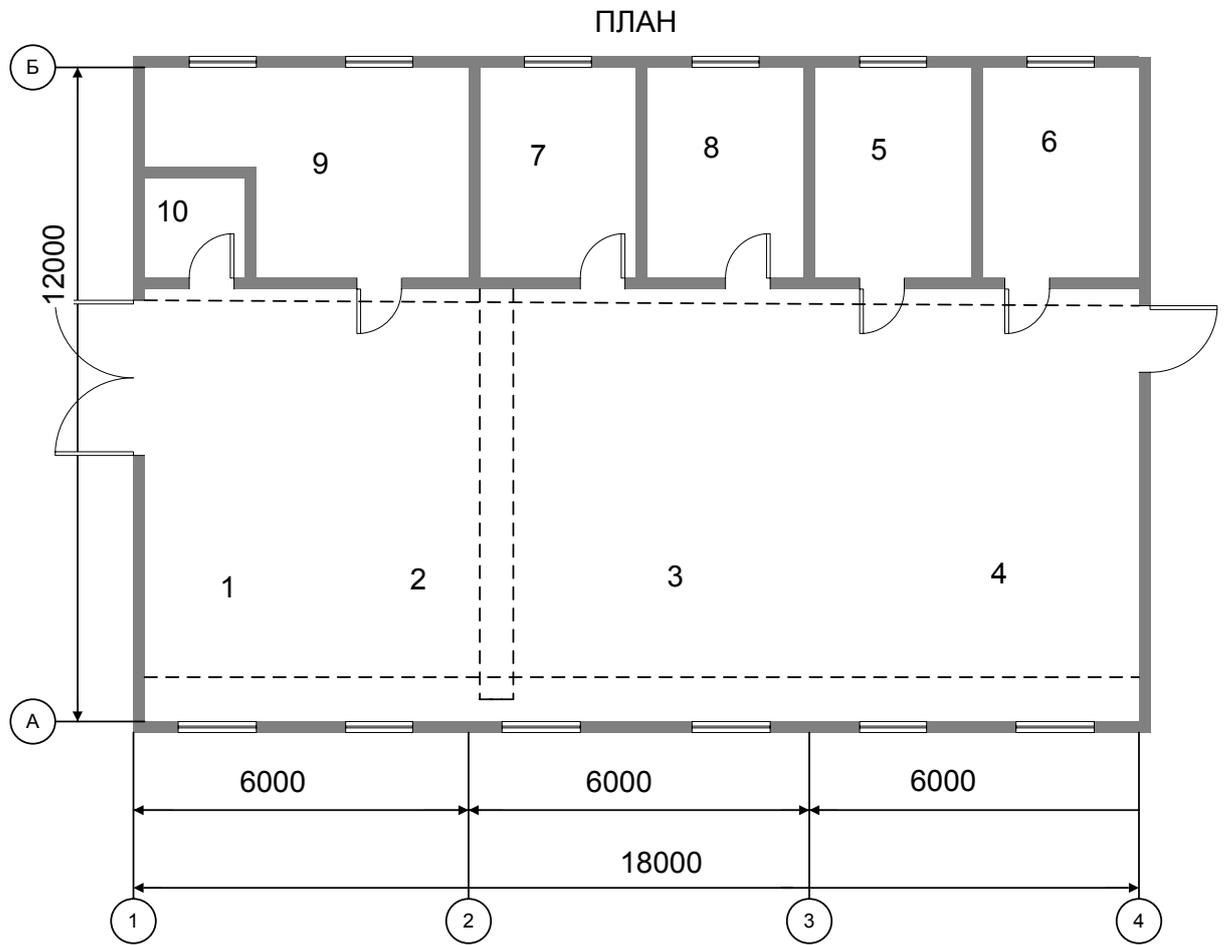


Таблица Я.1 Экспликация помещений

Наименование помещения	№ последней цифры зачетной книжки									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Номер помещения на плане									
Участок разборки, дефектовки мойки деталей	1	2	3	4	3	2	1	2	3	4
Участок сборки	2	3	4	1	2	1	4	4	1	2
Контрольно-испытательный участок	3	4	1	2	1	4	3	3	4	1
Расходный склад	4	1	2	3	4	3	2	1	2	3
Участок пропитки и окраски	5	6	7	8	9	8	7	6	5	6
Участок сушки	6	7	8	9	5	7	6	5	9	8
Комната дежурного электрика	7	8	9	5	6	6	5	9	8	5
Комната инженера	8	9	5	6	7	5	9	8	7	7
Санитарно-бытовые помещения	9	5	6	7	8	4	8	7	6	9
Тепловой пункт	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Характеристика строительных конструкций

Стены – кирпичные. Покрытие – крупнопанельные железобетонные плиты.

Полы – деревянные, асфальтобетонные, бетонные, из керамической плитки.

Окна, двери – деревянные.

Отделка внутренняя – внутренние поверхности во всех помещениях штукатурятся, белятся, и устраивается панель масляная или из керамической плитки. Окна, двери и металлические детали окрашиваются масляной краской.

Инженерное оборудование

Отопление - водяное с параметрами теплоносителя 115-70 °С.

Вентиляция - приточно-вытяжная с механическим и естественным побуждением воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Электрическое освещение [Текст]: Конспект лекций / М.М. Николаенок, Р.И. Кустова.– Минск: УО БГАТУ, 2006г.
2. СНБ 2.04.05–08 "Естественное и искусственное освещение".– Минск: Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1998г.
3. Отраслевые нормы освещения сельскохозяйственных предприятий, зданий и сооружений [Текст].– М.: Колос, 1980г.
4. Электрическое освещение [Текст]: учеб.-методич. пособие/ М.М. Николаенок.– Мн.: УО БГАТУ, 2005г.
5. Стандарт предприятия. СТП БГАТУ 01.12-06. Общие требования к организации проектирования и правила оформления дипломных и курсовых проектов (работ) /Агроэнергетический факультет.– Минск: УО БГАТУ, 2007г.
6. Николаенок, М.М., Заяц, Е.М. Расчет осветительных и облучательных установок сельскохозяйственного назначения. Под редакцией Зайца Е.М.– Минск: ООО "Лазурек", 1999г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Минсельхозпрод Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет»

Кафедра электротехнологии

Расчетно-пояснительная записка

к курсовому проекту по дисциплине «Светотехника»
на тему «Проект осветительной установки»

(наименование объекта проектирования)

Выполнил: студент _____ группы _____ курса

_____ (ф.и.о. студента) _____ шифр

Руководитель: _____
ученая степень, звание, ф.и.о.

Минск
200 _ г.

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Таблица П.2.1 Порядок записи условных обозначений на планах расположения электрического оборудования внутреннего освещения

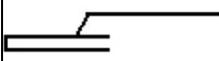
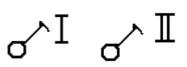
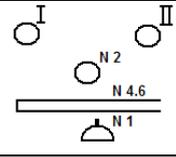
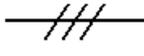
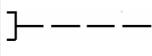
Наименование	Обозначение
1. Нормируемая освещенность	300лк
2. Обозначение классов взрыво и пожароопасных зон по Правилам устройства электроустановок (ПУЭ):	
а) класс взрывоопасной зоны категория и группа взрывоопасной смеси	<u>В-1а</u> II АТ1
б) класс взрывоопасной зоны	В-1а
в) класс пожароопасной зоны	II-1
3. Сведения о светильниках:	
а) количество - тип <u>количество ламп x мощность, Вт</u> <u>высота установки, м</u>	30-ЛПО02 <u>2x40</u> 3,5
б) количество - тип светильников в линии	 30-ЛПО02 2x40 3,5
4. Соответствие выключателей с управляемыми ими светильниками	
5. Номер и цифры у светильников и штепсельных розеток, указывающие номера групп, к которым присоединяются светильники, линии светильников или штепсельные розетки	
6. Количество проводов в линии (например, три) <i>Примечание. На двухпроводных линиях черточки не показывают</i>	
7. Разделительное уплотнение на трубах во взрывоопасных зонах	
8. Трос и концевое крепление троса	
9. Обозначение способов прокладки, марок проводников и сечений групповой сети в помещении: а - марка проводников; б - сечение, мм ² ; в - способ прокладки	а-б-в
10. Надписи на линиях питающей сети: а - номер линии; б - марка, количество и сечение проводников; в - способ прокладки	а-б-в
11. Надписи на линиях групповой сети: а - номера групп; б - марка, количество и сечение проводников; в - способ прокладки	а-б-в

Таблица П.2.2 Условные графические изображения на планах расположения электрического оборудования внутреннего освещения

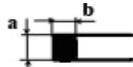
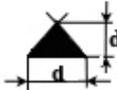
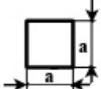
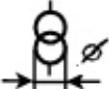
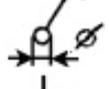
Наименование	Обозначение
1. Светильники:	
а) светильники с люминесцентными лампами, установленными в линию	
б) люстра	
в) с лампой накаливания:	
подвесной	
настенный	
потолочный	
встроенный	
г) с люминесцентными лампами:	
подвесной	
настенный	
потолочный	
встроенный	
д) щелевой светильник-световод	
2. Патроны:	
а) стенной	
б) подвесной	
в) потолочный	
3. Звонок	
4. Автоматический выключатель	
5. Шкаф, ящик управления	
6. Пускатель магнитный	
7. Кнопка управления	

Продолжение таблицы П.2.2

Наименование	Обозначение
8. Трансформатор понижающий малой мощности	
9. Выключатель для открытой установки со степенью защиты IP20...IP23 (<i>Примечание. Для степени защиты IP44...IP55 окружность зачерняется</i>): а) однополюсный	
б) однополюсный сдвоенный	
в) однополюсный строенный	
г) двухполюсный	
д) трехполюсный	
10. Выключатель для скрытой установки со степенью защиты IP20...IP23 (<i>Примечание. Для степени защиты IP44...IP55 окружность зачерняется</i>): а) однополюсный	
б) однополюсный сдвоенный	
в) однополюсный строенный	
г) двухполюсный	
11. Переключатель на два направления со степенью защиты IP20...IP23 (<i>Примечание. Для степени защиты IP44...IP55 окружность зачерняется</i>): а) однополюсный	
б) двухполюсный	
в) трехполюсный	
12. Розетка штепсельная для открытой установки со степенью защиты IP20...IP23 (<i>Примечание. Для степени защиты IP44...IP55 окружность зачерняется</i>): а) двухполюсная	
б) двухполюсная сдвоенная	
г) двухполюсная с защитным контактом	

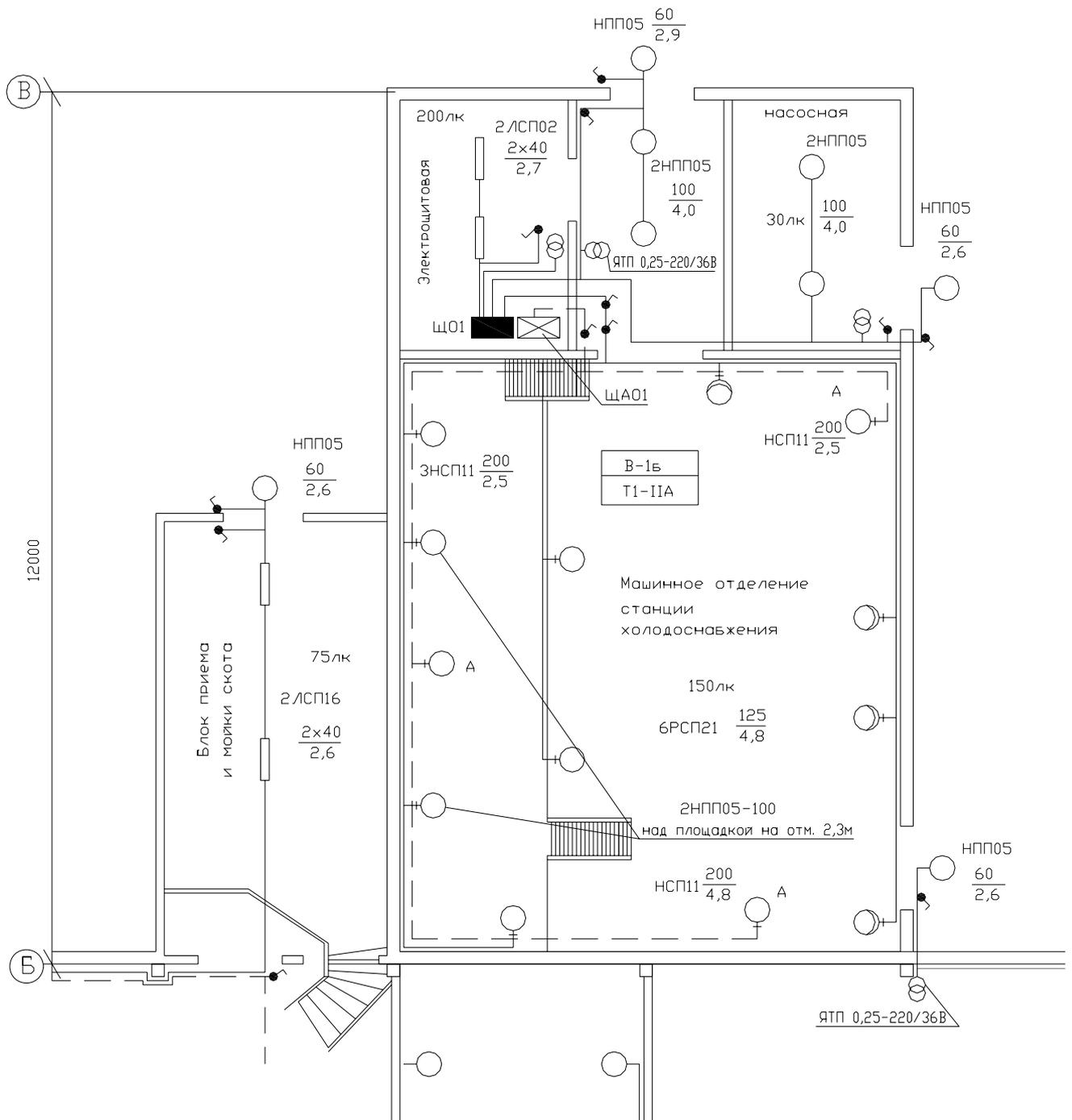
Наименование	Обозначение
д) трехполюсная с защитным контактом	
13. Розетка штепсельная для скрытой установки со степенью защиты IP20...IP23 (<i>Примечание. Для степени защиты IP44...IP55 окружность зачерняется</i>): а) двухполюсная	
б) двухполюсная сдвоенная	
г) двухполюсная с защитным контактом	
д) трехполюсная с защитным контактом	
14. Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для открытой установки со степенью защиты IP20...IP23 а) один выключатель и штепсельная розетка	
б) два выключателя и штепсельная розетка	
в) три выключателя и штепсельная розетка	
15. Блоки с выключателями и двухполюсной штепсельной розеткой для скрытой установки со степенью защиты IP20...IP23: а) один выключатель и штепсельная розетка	
б) два выключателя и штепсельная розетка	
в) три выключателя и штепсельная розетка	

Таблица П.2.3 Рекомендуемые размеры условных графических изображений

Номер изображения по табл. 2	Изображение графическое	Обозначение размера	Размеры, мм, для масштабов чертежей		
			1:50	1:100	1:200
1		φ	6	5	3,5
		a	4	2,5	2
		b	4	2,5	2
2		d	4	3	2
		φ	3	2,5	2
3		φ	5	3,5	2,5
4 - 7		a	4	3	2,5
8		φ	4	3	2,5
9 - 15		φ	2,5	2	1,5
		φ	6	5	3,5

Примечание. Для чертежей в масштабе меньше 1:200 размеры условных изображений не регламентируются

Пример оформления плана расположения



СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	4
1.1 Получение и преобразование оптического излучения	4
1.2 Расчет балластного сопротивления и выбор пускорегулирующих аппаратов газоразрядных ламп	16
1.3 Правила и нормы проектирования	31
1.4 Расчет осветительных установок методами удельной мощности и коэффициента использования светового потока ...	46
1.5 Расчет осветительных установок точечным методом	58
1.6 Расчет осветительных установок открытых пространств ...	69
1.7 Проектирование электрических сетей осветительных установок...	93
1.8 Расчет сечения питающих и групповых сетей осветительных установок	104
2 ЗАДАНИЯ И ПРАВИЛА ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА	
2.1 Цель и задачи курсового проекта	112
2.2 Состав и содержание курсового проекта	113
2.3 Указания по выбору варианта задания	117
2.4 Варианты заданий к курсовому проекту	120
ЛИТЕРАТУРА	176
ПРИЛОЖЕНИЕ 1	177
ПРИЛОЖЕНИЕ 2	178
ПРИЛОЖЕНИЕ 3	183

Учебное издание

Николаенок Михаил Максимович
Пашинский Василий Антонович
Кустова Раиса Ивановна
Музыченко Елена Николаевна

СВЕТОТЕХНИКА

Пособие

Ответственный за выпуск *В.А. Пашинский*

Издано в редакции авторов

Подписано в печать 16.10.2008 г. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 10,8. Уч.-изд. л. 8,45. Тираж 370 экз. Заказ 148.

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный аграрный технический университет
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2.