

Министерство образования Республики Беларусь

**Учреждение образования
«Гомельский государственный технический
университет имени П. О. Сухого»**

Кафедра «Электроснабжение»

А. Г. Ус, В. Д. Елкин

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ
И ИЗЛУЧАЮЩИЕ УСТАНОВКИ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
к курсовой работе
для студентов специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение» специализации 1-43 01 03 05
«Электроснабжение предприятий
агропромышленного комплекса»
дневной формы обучения**

Гомель 2015

УДК 628.97(075.8)
ББК 31.294я73
У74

*Рекомендовано научно-методическим советом
энергетического факультета ГГТУ им. П. О. Сухого
(протокол № 9 от 09.06.2014 г.)*

Рецензент: канд. техн. наук, доц. каф. «Автоматизированный электропривод»
ГГТУ им. П. О. Сухого *Л. В. Веннер*

Ус, А. Г.
У74 Электрическое освещение и излучающие установки в сельском хозяйстве : учеб.-метод. пособие по курсовой работе для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» специализации 1-43 01 03 05 «Электроснабжение предприятий агропромышленного комплекса» днев. формы обучения / А. Г. Ус, В. Д. Елкин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2015. – 90 с. – Систем. требования: PC не ниже Intel Celeron 300 МГц ; 32 Mb RAM ; свободное место на HDD 16 Mb ; Windows 98 и выше ; Adobe Acrobat Reader. – Режим доступа: <https://elib.gstu.by>. – Загл. с титул. экрана.

Представлены задания, рекомендации и методические указания для выполнения курсовой работы по курсу «Электрическое освещение и излучающие установки в сельском хозяйстве», приводятся содержание расчетно-пояснительной записки, перечень графического материала, планы цехов и исходные данные об источниках питания осветительной установки.

Для студентов специальности 1-43 01 03 «Электроснабжение» дневной формы обучения.

УДК 628.97(075.8)
ББК 31.294я73

© Учреждение образования «Гомельский
государственный технический университет
имени П. О. Сухого», 2015

ВВЕДЕНИЕ

Курсовая работа – самостоятельная работа, выполняемая студентами на заключительном этапе изучения дисциплины с целью систематизации, углубления и закрепления полученных теоретических знаний и практических навыков.

Курсовая работа по дисциплине «Электрическое освещение и излучающие установки в сельском хозяйстве» состоит из пояснительной записки, выполненной на листах формата А4 и графической части, оформленной в виде чертежа формата А1.

Работа предусматривает выполнение светотехнической и электрической частей проекта общего рабочего равномерного и аварийного (эвакуационного) освещения конкретного объекта.

Консультации и контроль выполнения курсовой работы осуществляются преподавателем по расписанию, предложенному кафедрой и в соответствии с рабочей программой курса «Электрическое освещение и излучающие установки в сельском хозяйстве» для студентов специальности: 1–43 01 03 05 «Электроснабжение предприятий АПК».

Данное издание содержит задание на курсовую работу. По вариантам задания приведены основные исходные данные для проектирования электрического освещения – планы и наименования помещений, их размеры и данные об источниках питания, а также рекомендации и методические указания по выполнению курсовой работы.

1. СОСТАВ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

1.1. Содержание расчетно-пояснительной записки

Введение

1. Определение нормируемой освещенности помещений и обоснование выбора коэффициентов запаса.

2. Обоснование выбора варианта источников света для системы общего рабочего и аварийного освещения помещений.

3. Обоснование выбора типа светильников, высоты подвеса и размещение на плане помещения.

4. Светотехнический расчет

4.1. Расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока

4.2. Расчет методом удельной мощности вспомогательных помещений.

4.3. Расчет точечным методом эвакуационного освещения.

5. Электрический расчет

5.1. Разработка схемы питания осветительной установки.

5.2. Выбор типа и определение мест расположения щитков освещения.

5.3. Определение установленной и расчетной мощности групп светильников осветительной установки.

5.4. Выбор марки проводов, кабелей, способов прокладки и расчет сечения жил.

5.5. Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей.

Заключение

Список используемых источников

1.2. Графический материал

Лист 1. Формат А1. План расположения электрооборудования и прокладки электрических сетей электроосвещения. Принципиальная схема электрической осветительной сети.

2. ЗАДАНИЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

Тема: Разработка проекта электрического освещения _____.

Наименование конкретного объекта принимается в соответствии с вариантом задания. Необходимо выполнить светотехническую и электрическую часть проекта общего равномерного рабочего и ава-

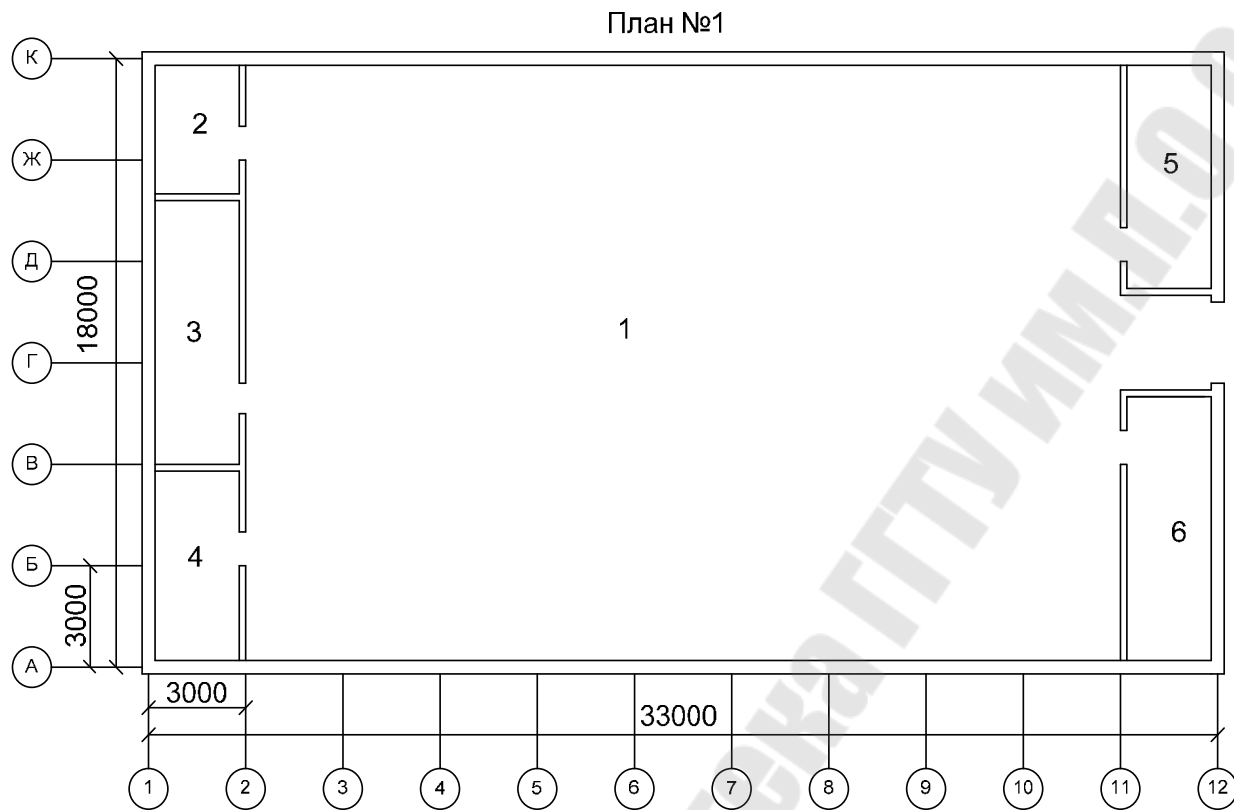
рийного (эвакуационного) электрического освещения заданного объекта и его вспомогательных помещений.

2.1. Исходные данные для проектирования

Для проектирования электрического освещения зданий представлены чертежи планов. На плане нанесены геометрические размеры помещений и наименование помещений в двух вариантах (номер варианта указывается руководителем курсового проектирования при выдаче задания).

Планы зданий следует вычертить в масштабе 1:100.

Остальные исходные данные для проектирования: окружающая среда, коэффициенты отражения от стен, потолка и рабочей поверхности и др. принимаются с учетом назначения и предполагаемой характеристики помещений.

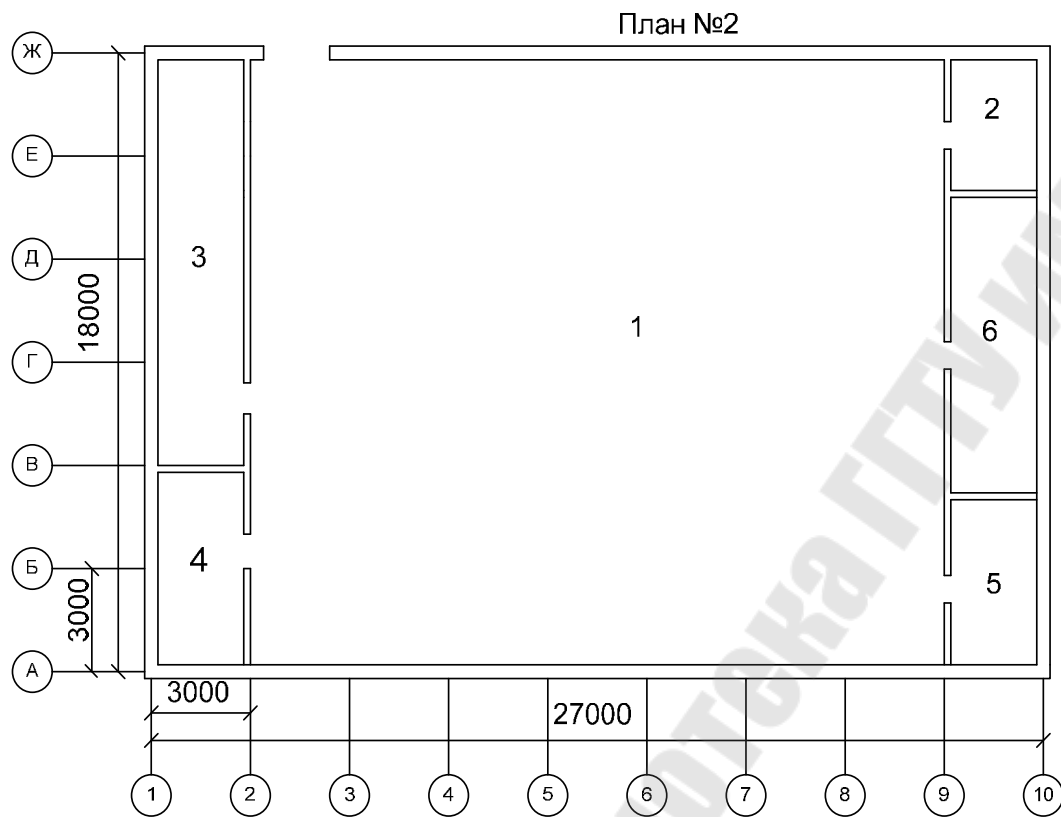


Вариант 1А

	Наименование	Высота, м
1	Электомастеские	7,0
2	Склад	3,5
3	Кабинет	3,5
4	Слесарная мастерская	3,5
5	КТП	3,0
6	Венткамера	3,0

Вариант 1Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Мехмастеские	6,0
2	Венткамера	3,0
3	Электромастеская	3,0
4	Кабинет	3,0
5	Электрощитовая	4,0
6	Склад	4,0



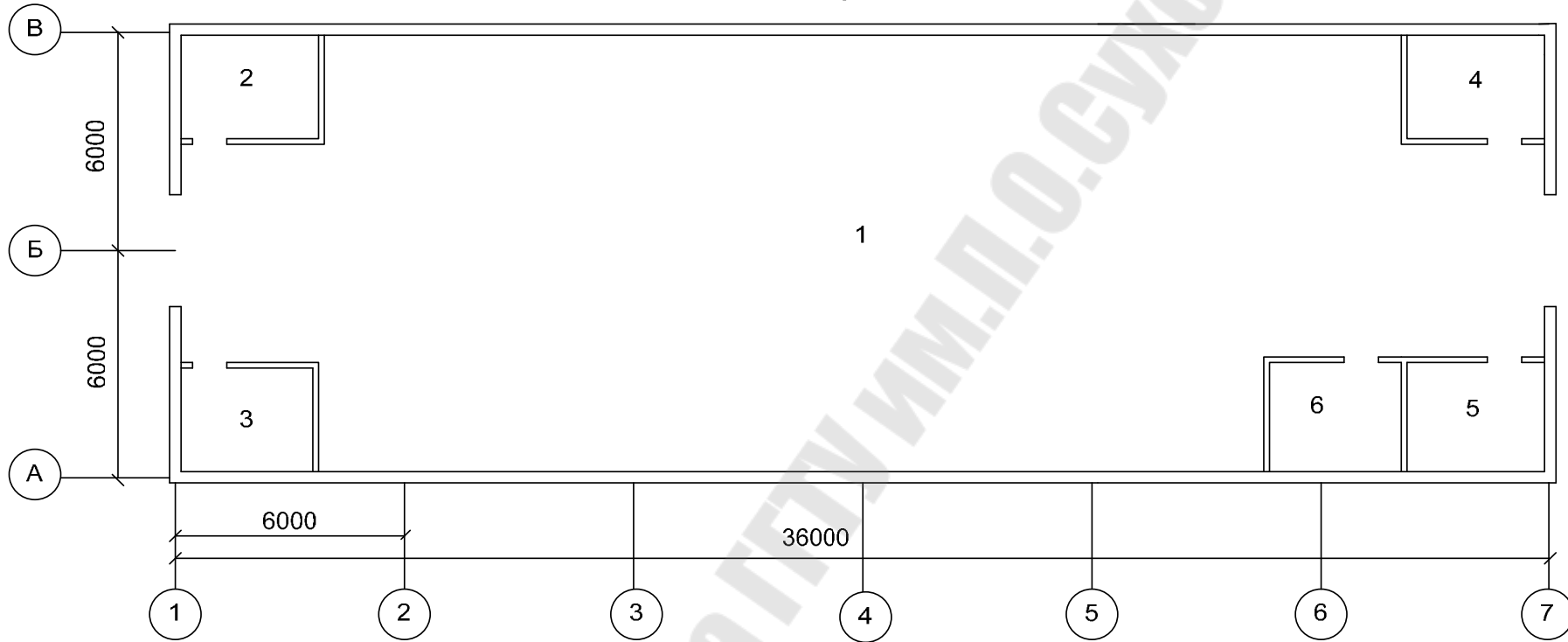
Вариант 2А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Ремонтные мастерские	6,5
2	Кладовая	4,3
3	Кабинет	3,3
4	Склад	3,3
5	КТП	4,3
6	Электромастерская	4,3

Вариант 2Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Мастерские с/х техники	7,5
2	Сварочное отделение	4,4
3	Склад	3,5
4	Венткамера	3,5
5	Электрощитовая	4,4
6	Кабинет	4,4

План №3



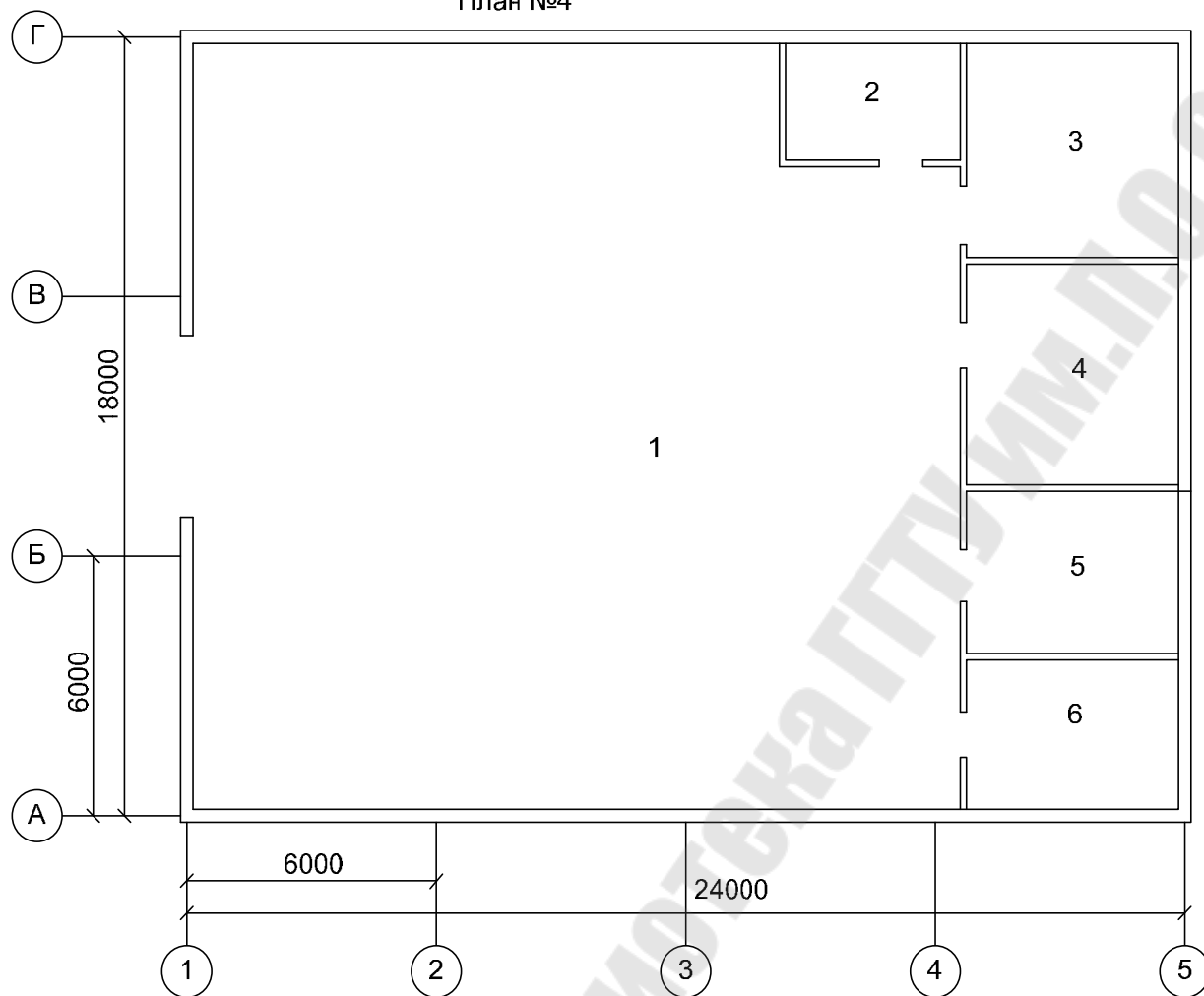
Вариант 3А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Коровник	5,0
2	Склад кормов	3,0
3	Склад кормов	3,0
4	Комната персонала	3,5
5	Электрощитовая	3,5
6	Венткамера	3,5

Вариант 3Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Птичник	6,0
2	Санузел	2,8
3	Комната персонала	2,8
4	Венткамера	3,3
5	Кладовая	3,3
6	Электрощитовая	3,3

План №4



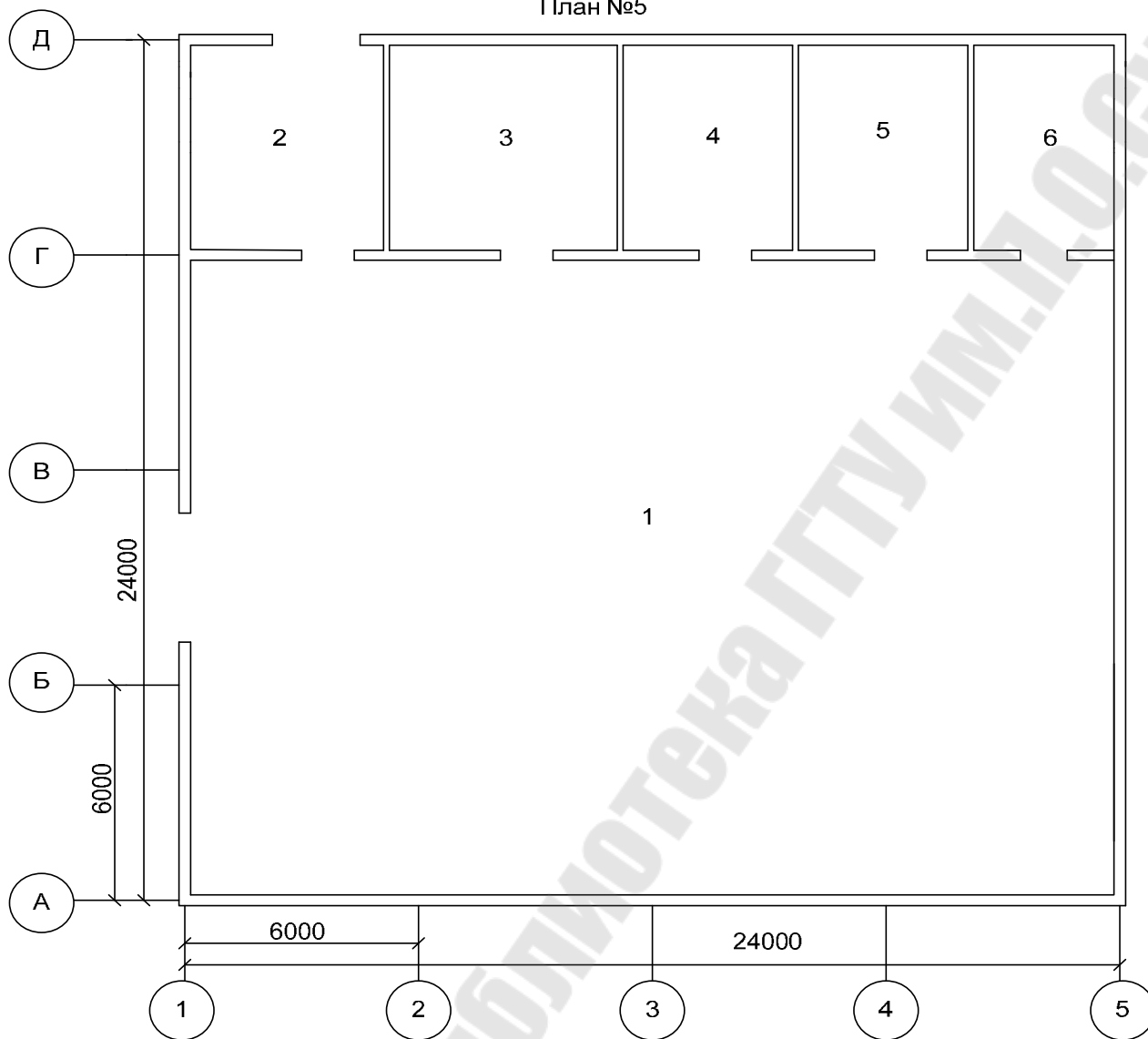
Вариант 4А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Мясной цех	5,8
2	КТП	3,8
3	Кабинет	3,8
4	Склад	3,8
5	Холодильная камера	3,8
6	Венткамера	3,8

Вариант 4Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Колбасный цех	5,0
2	Холодильная камера	3,2
3	Венткамера	3,2
4	Кабинет	3,2
5	Электрощитовая	3,2
6	Комната персонала	3,2

План №5



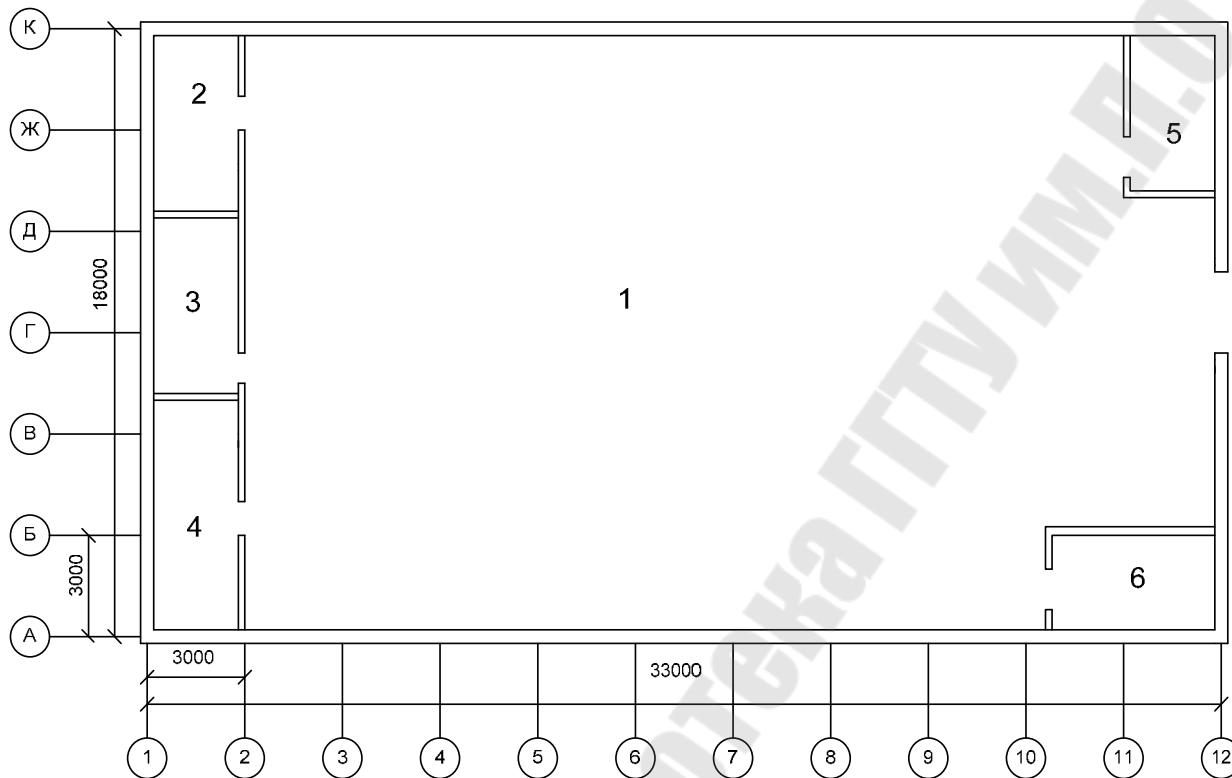
Вариант 5А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Столярный цех	8,0
2	Сушильное отделение	3,5
3	Склад	3,5
4	Кабинет	3,5
5	Санузел	3,5
6	КТП	3,5

Вариант 5Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Мехмастерские	7,5
2	Электрощитовая	3,3
3	Электромастерская	3,3
4	Слесарная мастерская	3,3
5	Склад	3,3
6	Венткамера	3,3

План №6



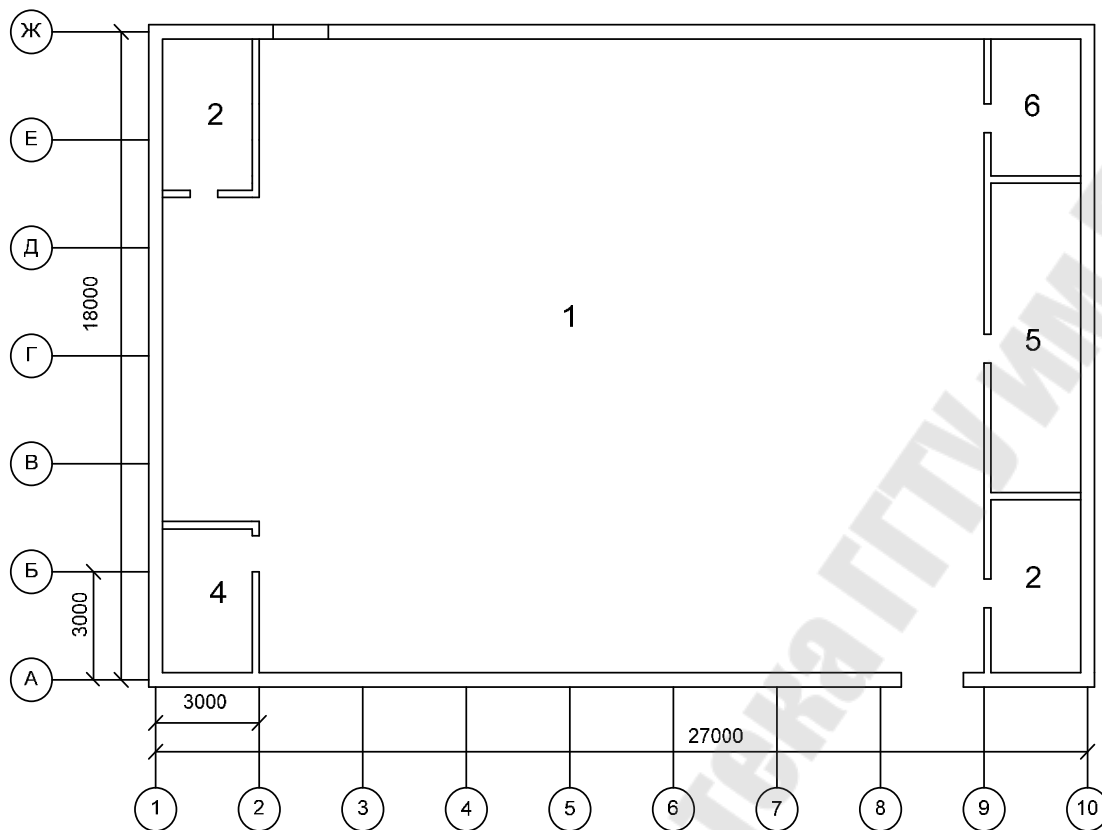
Вариант 6А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Котельная	9,0
2	Лаборатория ХВО	4,6
3	Электрощитовая	4,6
4	Мастерские КИПиА	4,6
5	Санузел	3,6
6	Венткамера	3,6

Вариант 6Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Пилорама	8,6
2	КТП	4,4
3	Санузел	4,4
4	Кабинет	4,4
5	Сушильное отделение	5,4
6	Венткамера	5,4

План №7



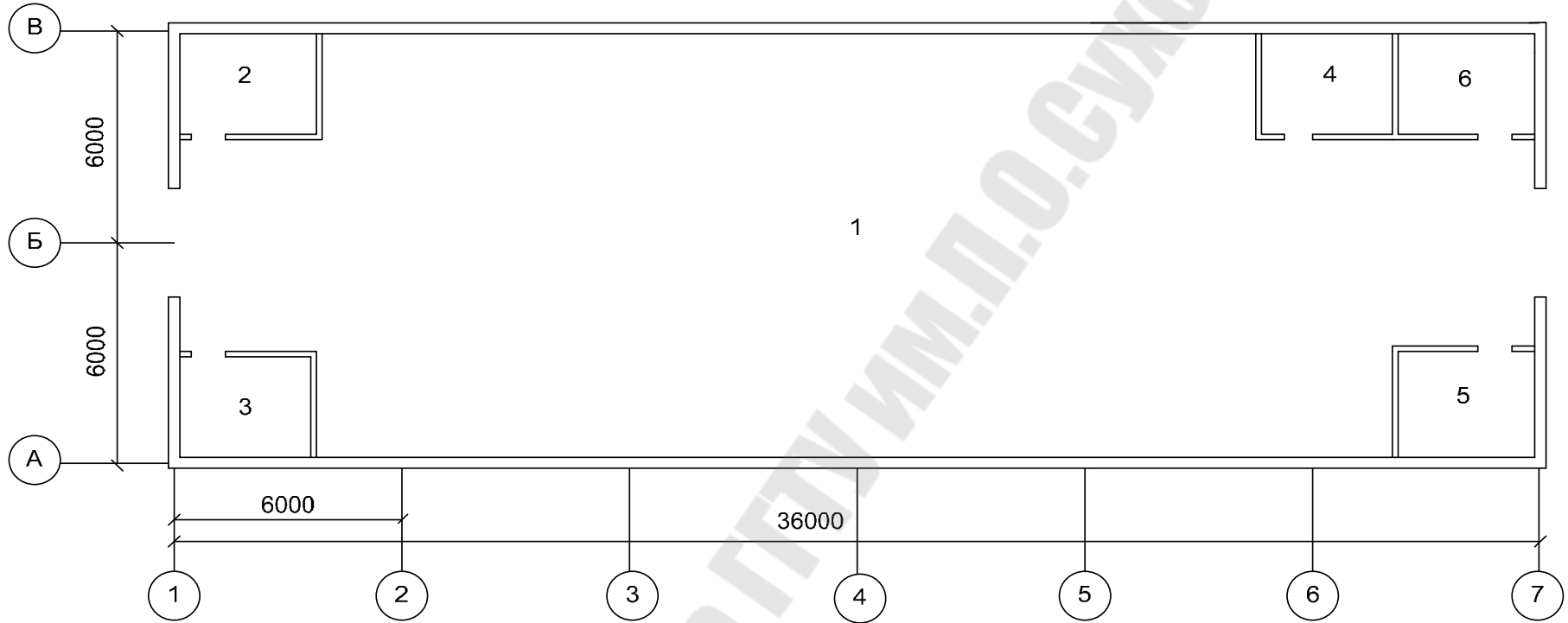
Вариант 7А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Насосная станция	8,0
2	Лаборатория	4,0
3	Электрощитовая	4,0
4	Мастерские	4,0
5	Комната персонала	3,0
6	Венткамера	3,0

Вариант 7Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Слесарная мастерская	8,6
2	Сварочное отделение	3,4
3	Венткамера	3,4
4	КТП	3,4
5	Кладовая	3,4
6	Заточное отделение	3,4

План №8

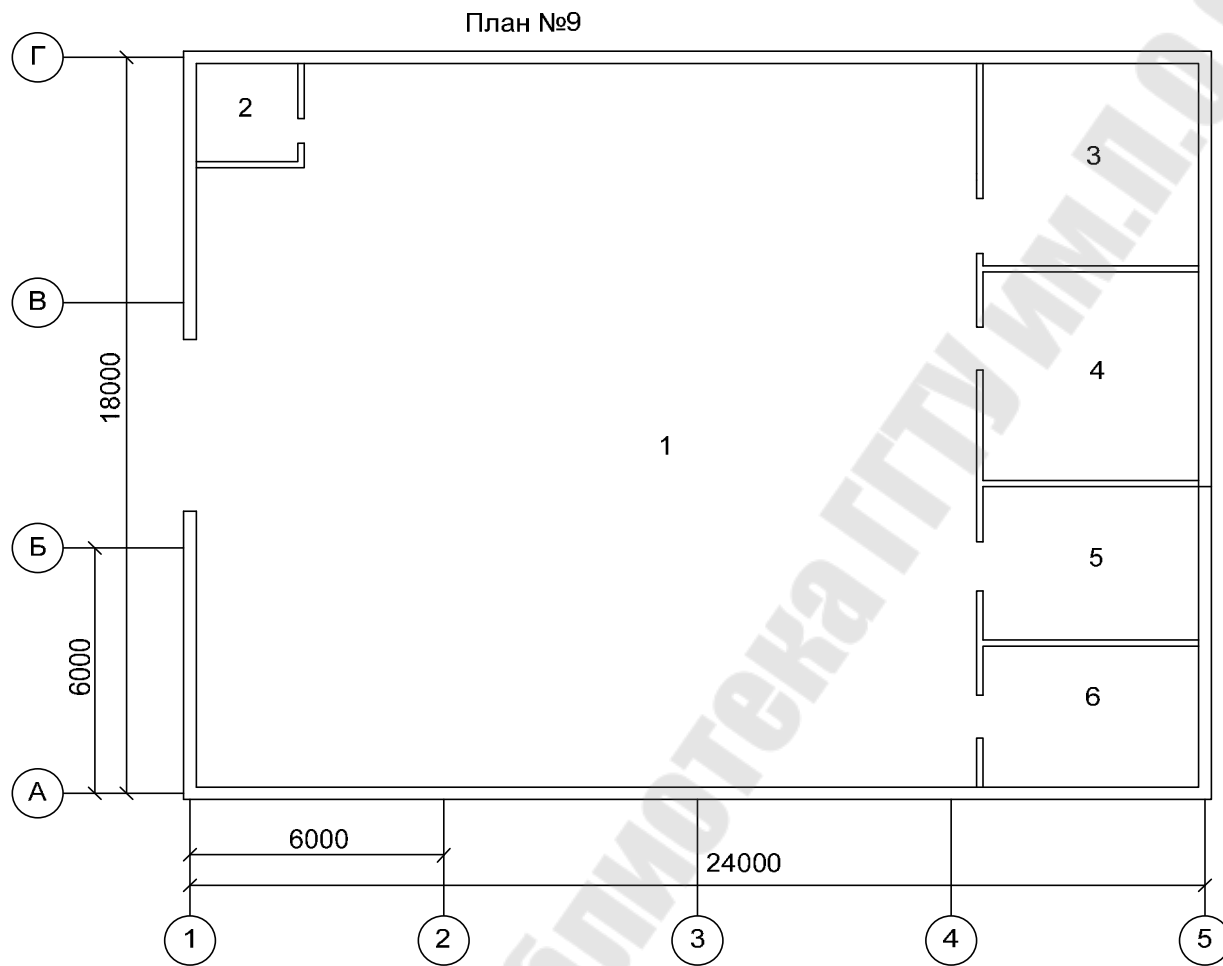


Вариант 8А

Номер	Наименование	Высота, м
1	МТФ	7,5
2	Комната операторов	4,0
3	Электрощитовая	4,0
4	Склад кормов	4,0
5	Кладовая	4,0
6	Санузел	4,0

Вариант 8Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Коровник	6,8
2	Склад кормов	3,6
3	Венткамера	3,6
4	Комната персонала	3,6
5	Электрощитовая	3,6
6	Санузел	3,6

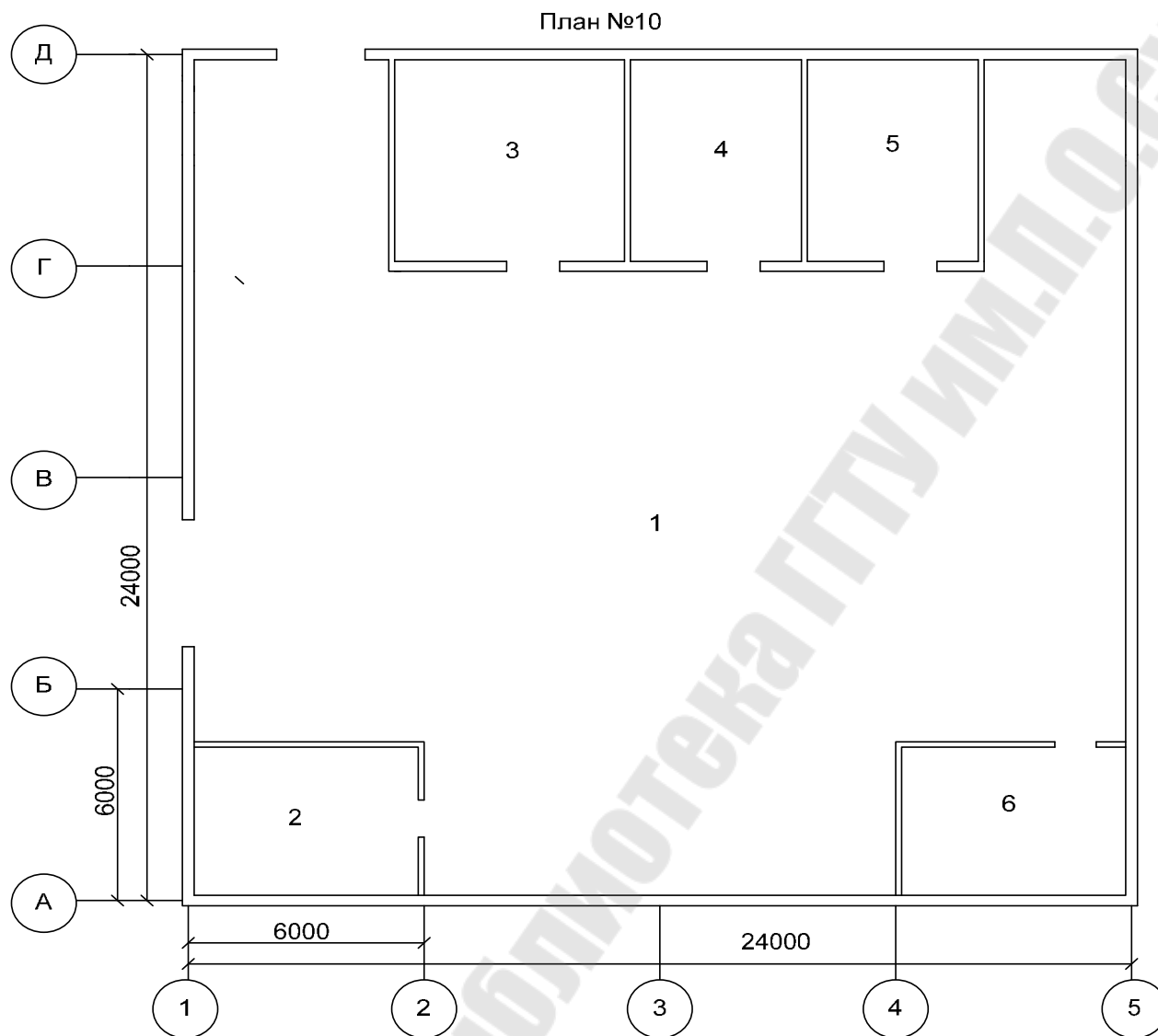


Вариант 9А

Номер	Наименование	Высота, м
1	МТФ	5,8
2	Кладовая	3,0
3	Доильное отделение	4,2
4	Холодильное отделение	4,2
5	Комната операторов	4,2
6	Электрощитовая	4,2

Вариант 9Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Электроцех	7,0
2	Обмоточное отд.	4,3
3	Ремонт трансфор-ров	4,3
4	Электролаборатория	4,3
5	Электрощитовая	4,3
6	Сушильное отделение	4,3

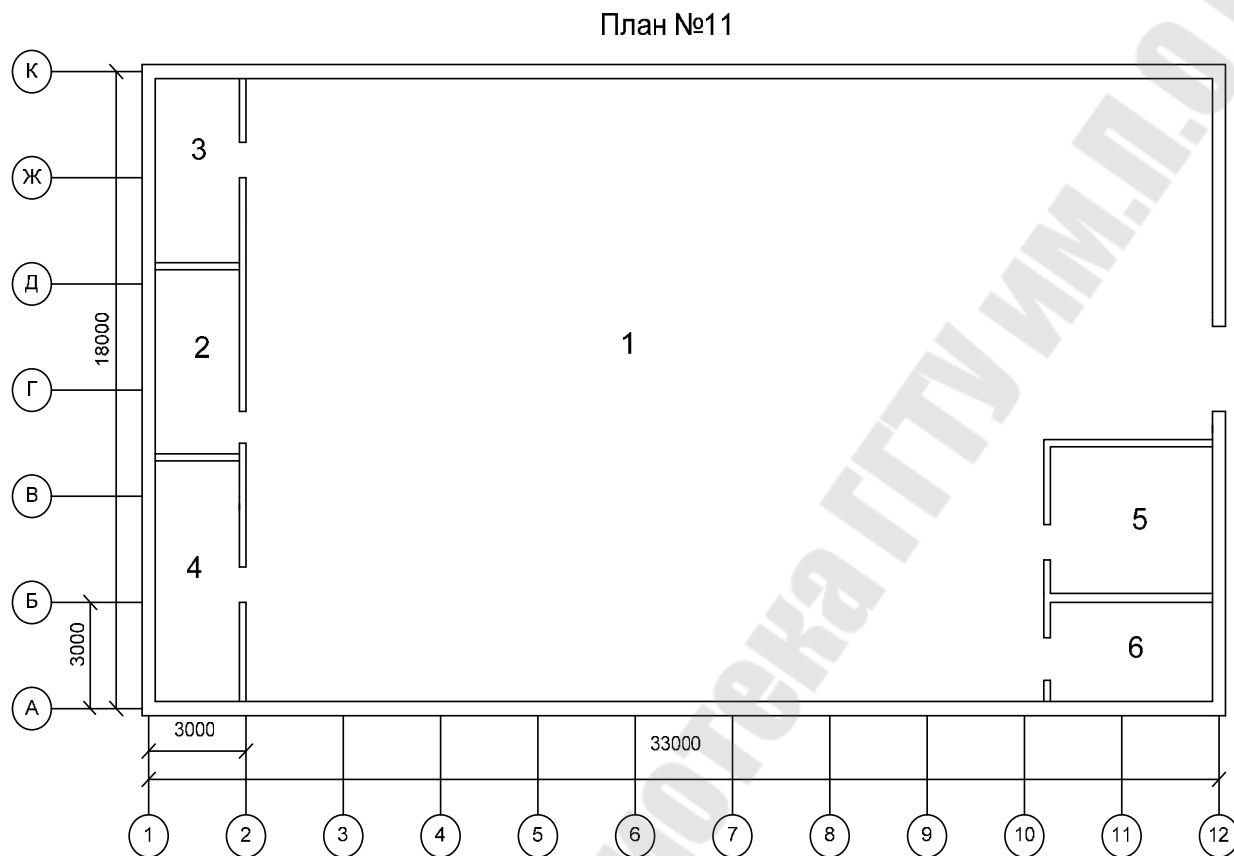


Вариант 10А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Насосная станция	6,0
2	Электрощитовая	3,5
3	Деж. электромонтер	3,5
4	Деж. оператор	3,5
5	Мастерская	3,5
6	Санузел	3,5

Вариант 10Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Электроцех	5,0
2	Обмоточное отд.	4,0
3	Ремонт аппаратов	4,0
4	Лаборатория	4,0
5	Сушильное отделение	4,0
6	КТП	4,0



Вариант 11А

Номер	Наименование	Высота, м
1	РМЦ	6,6
2	Сварочный участок	3,8
3	Кладовая	3,8
4	Кабинет	3,8
5	Склад	3,8
6	КТП	3,8

Вариант 11Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Слесарное отделение	8,2
2	Сварочный участок	3,0
3	Вунткамера	3,0
4	Кабинет мастера	3,0
5	Заточной участок	3,0
6	Электрощитовая	3,0

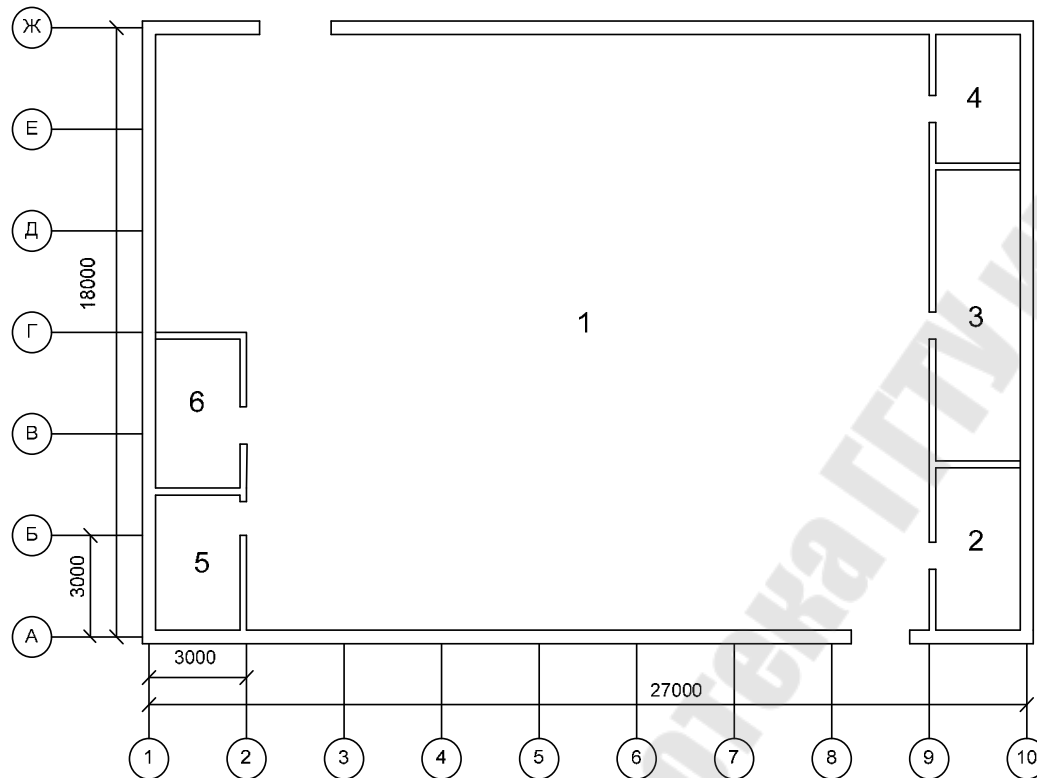
Вариант 12А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Гараж с мастерской	7,6
2	Зарядная	3,2
3	Мехмастерская	3,2
4	Кабинет	3,2
5	КТП	3,2
6	Электромастерская	3,2

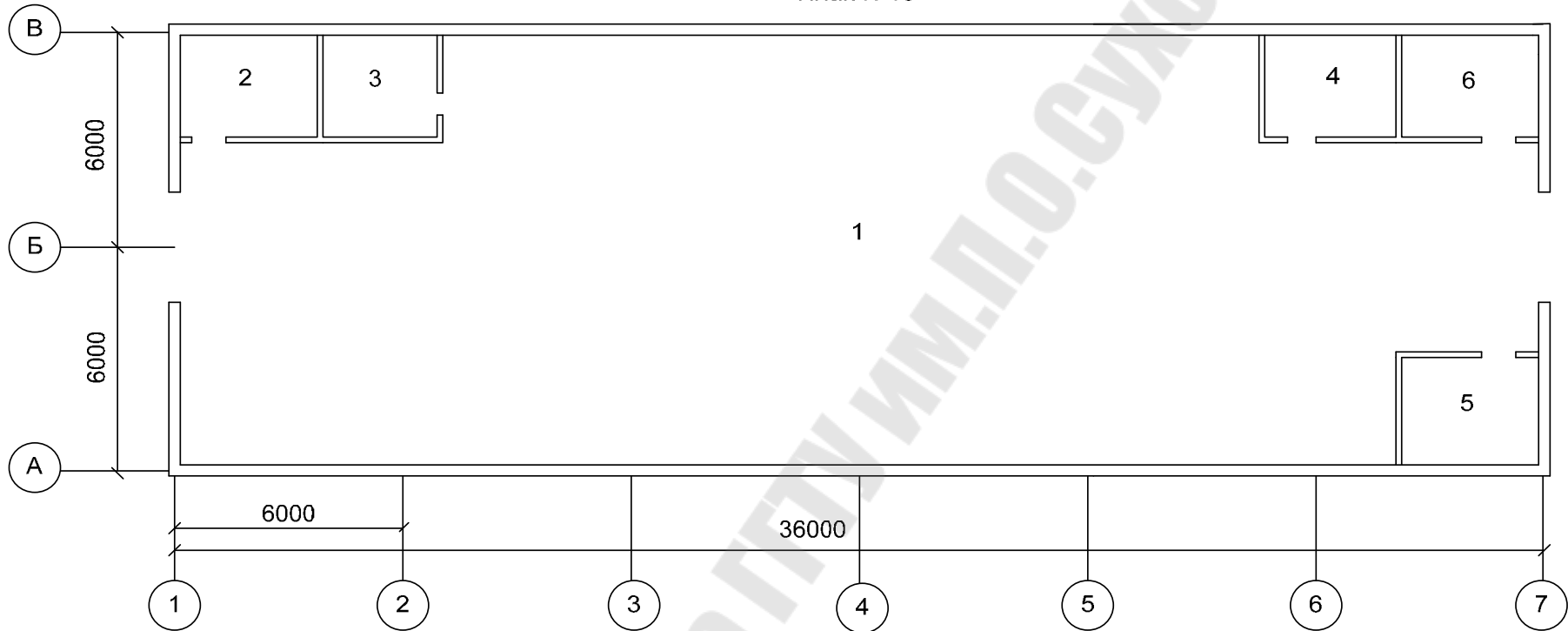
Вариант 12Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Слесарные мастерские	7,7
2	Венткамера	3,4
3	Мастерская	3,4
4	Электрощитовая	3,4
5	Кладовая	3,4
6	Санузел	3,4

План №12



План №13

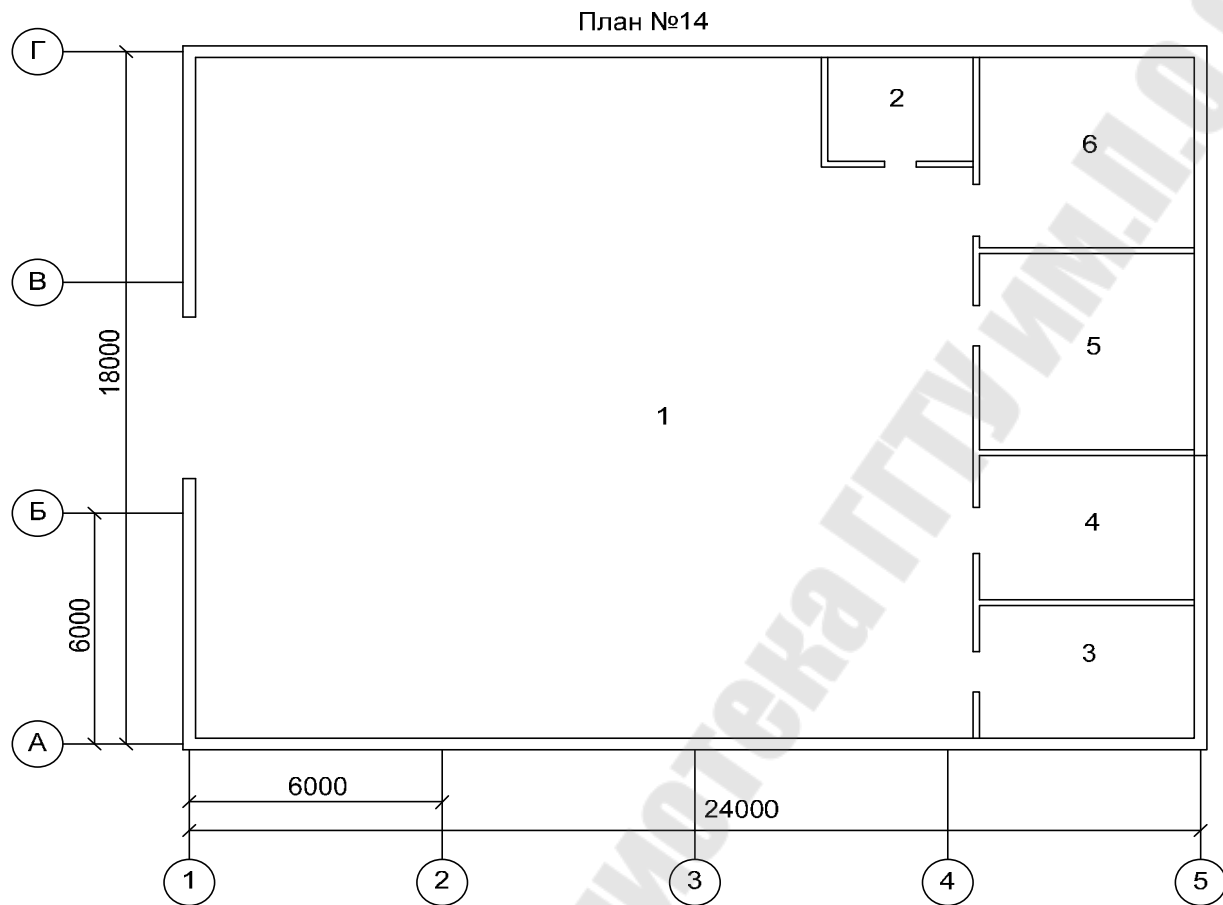


Вариант 13А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Телятник	8,0
2	Приготовление кормов	3,4
3	Венткамера	3,4
4	Склад кормов	3,4
5	Комната персонала	3,4
6	КТП	3,4

Вариант 13Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Птичник	6,6
2	Электрощитовая	3,6
3	Склад кормов	3,6
4	Венткамера	3,6
5	Комната персонала	3,6
6	Санузел	3,6



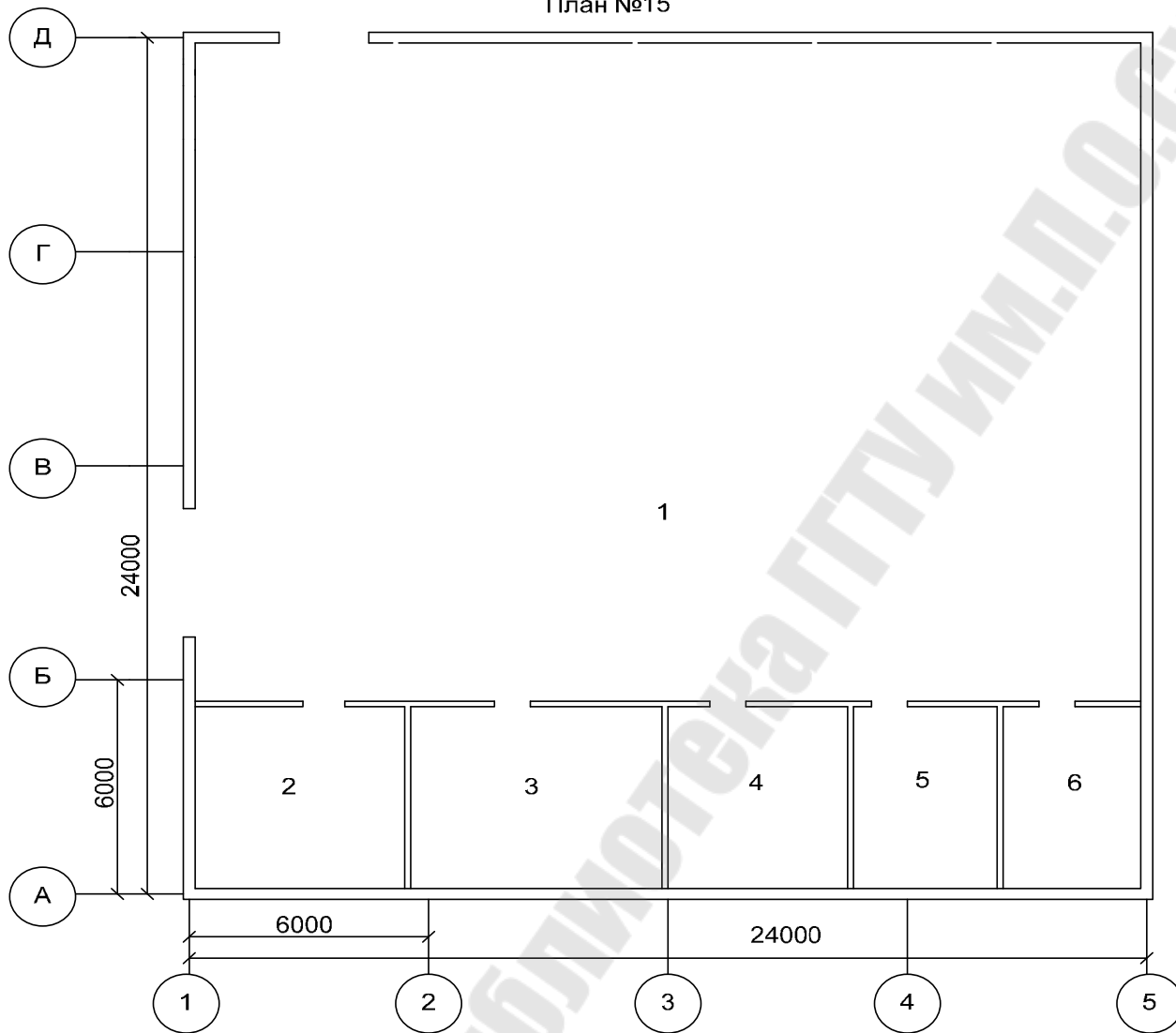
Вариант 14А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Телятник	6,0
2	Электрощитовая	3,3
3	Венткамера	3,3
4	Склад кормов	3,3
5	Приготовление кормов	3,3
6	Комната персонала	3,3

Вариант 14Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Птичник	8,0
2	Склад кормов	4,0
3	Венткамера	4,0
4	Дежурный персонал	4,0
5	Склад	4,0
6	КТП	4,0

План №15



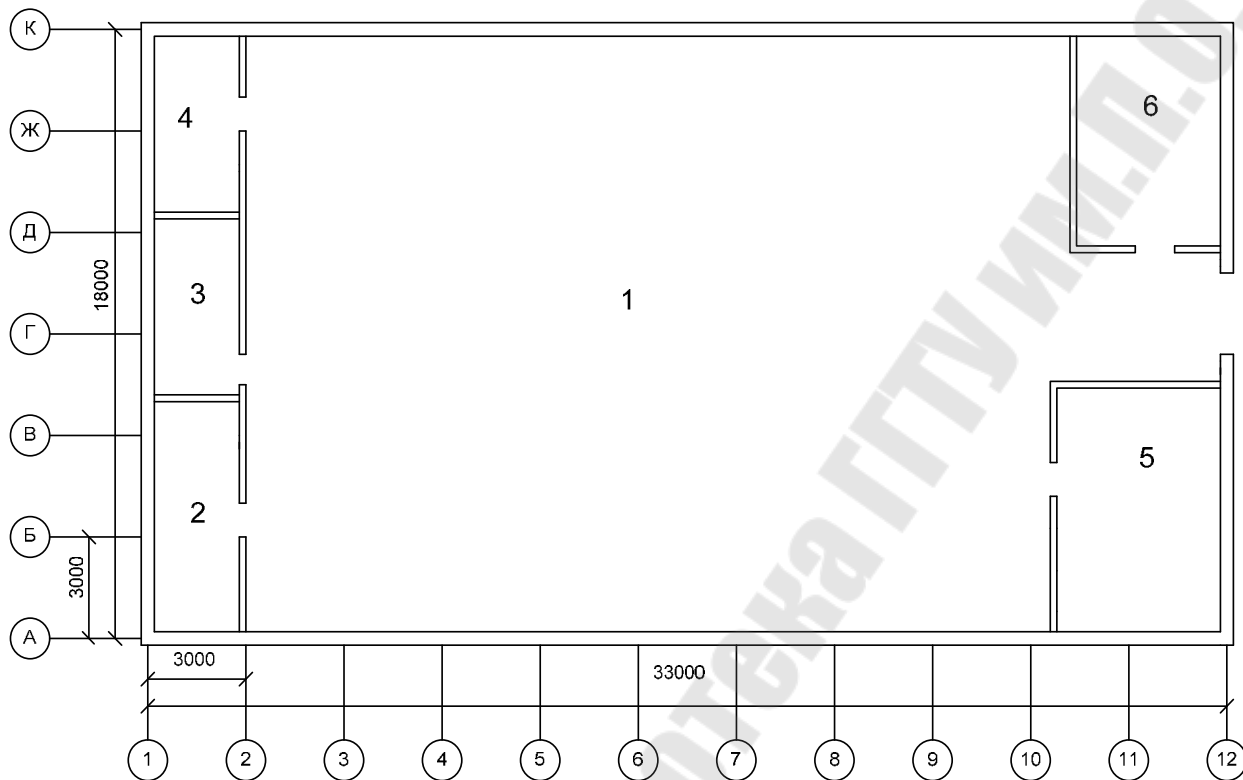
Вариант 15А

Номер	Наименование	Высота, м
1	ТМФ	7,5
2	Доильное отделение	4,0
3	Холодильная камера	4,0
4	Склад	4,0
5	Электрощитовая	4,0
6	Санузел	4,0

Вариант 15Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Деревообраб. цех	9,0
2	Заготовительное отд.	3,5
3	Окрасочное отделение	3,5
4	Склад	3,5
5	Кабинет	3,5
6	КТП	3,5

План №16

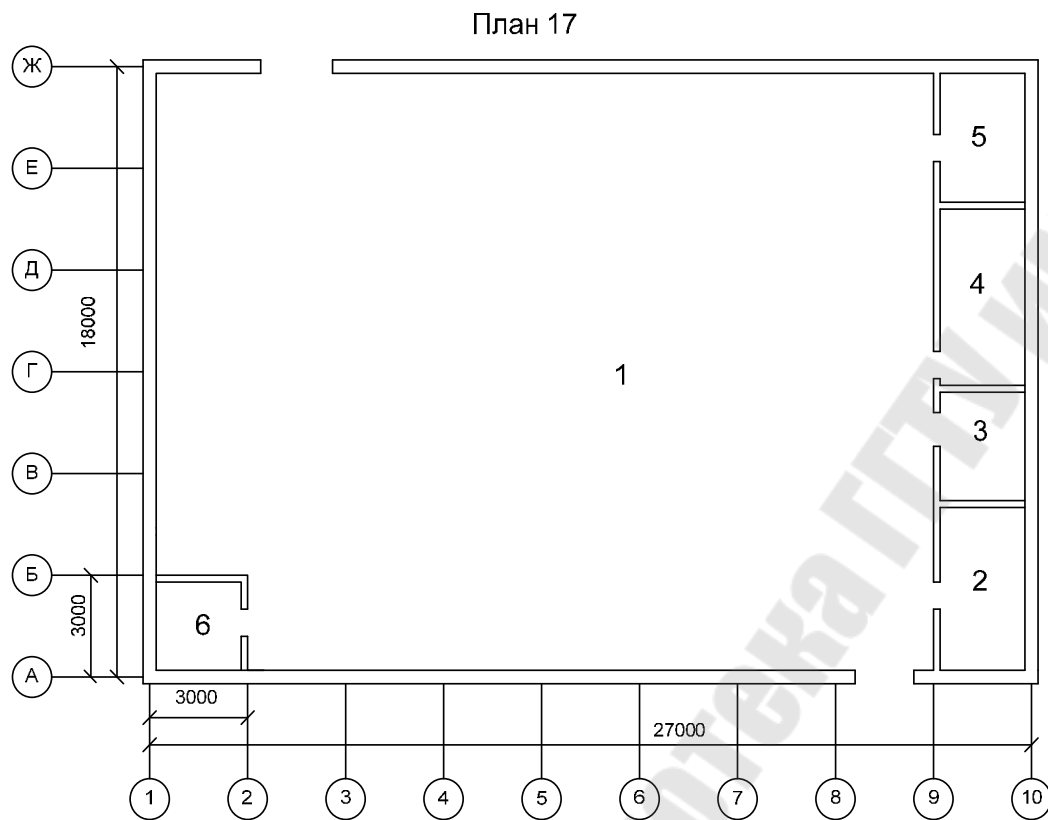


Вариант 16А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Ремонт с/х техники	8,5
2	Электромастерская	4,2
3	Сварочное отделение	4,2
4	Кабинет	4,2
5	Электрощитовая	4,2
6	Санузел	4,2

Вариант 16Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Гараж	7,8
2	Электромастерская	3,6
3	Ремонт двигателей	3,6
4	Шиномонтаж	3,6
5	Комната отдыха	3,6
6	КТП	3,6



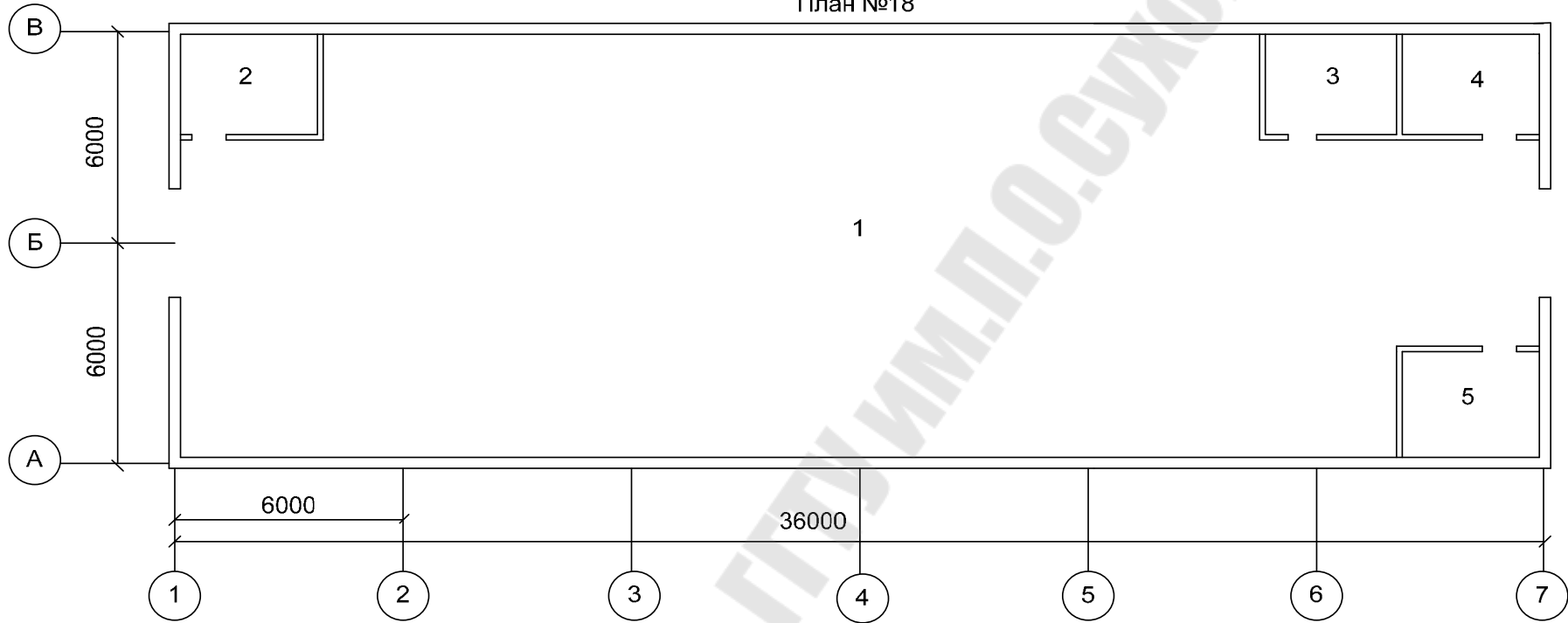
Вариант 17А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Птичник	8,8
2	Холодильная камера	4,0
3	Венткамера	4,0
4	Склад	4,0
5	Электрощитовая	4,0
6	Комната персонала	4,0

Вариант 17Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Мастерские	6,6
2	Сварочный участок	3,4
3	Электромастерская	3,4
4	Заточной участок	3,4
5	КТП	3,4
6	Санузел	3,4

План №18

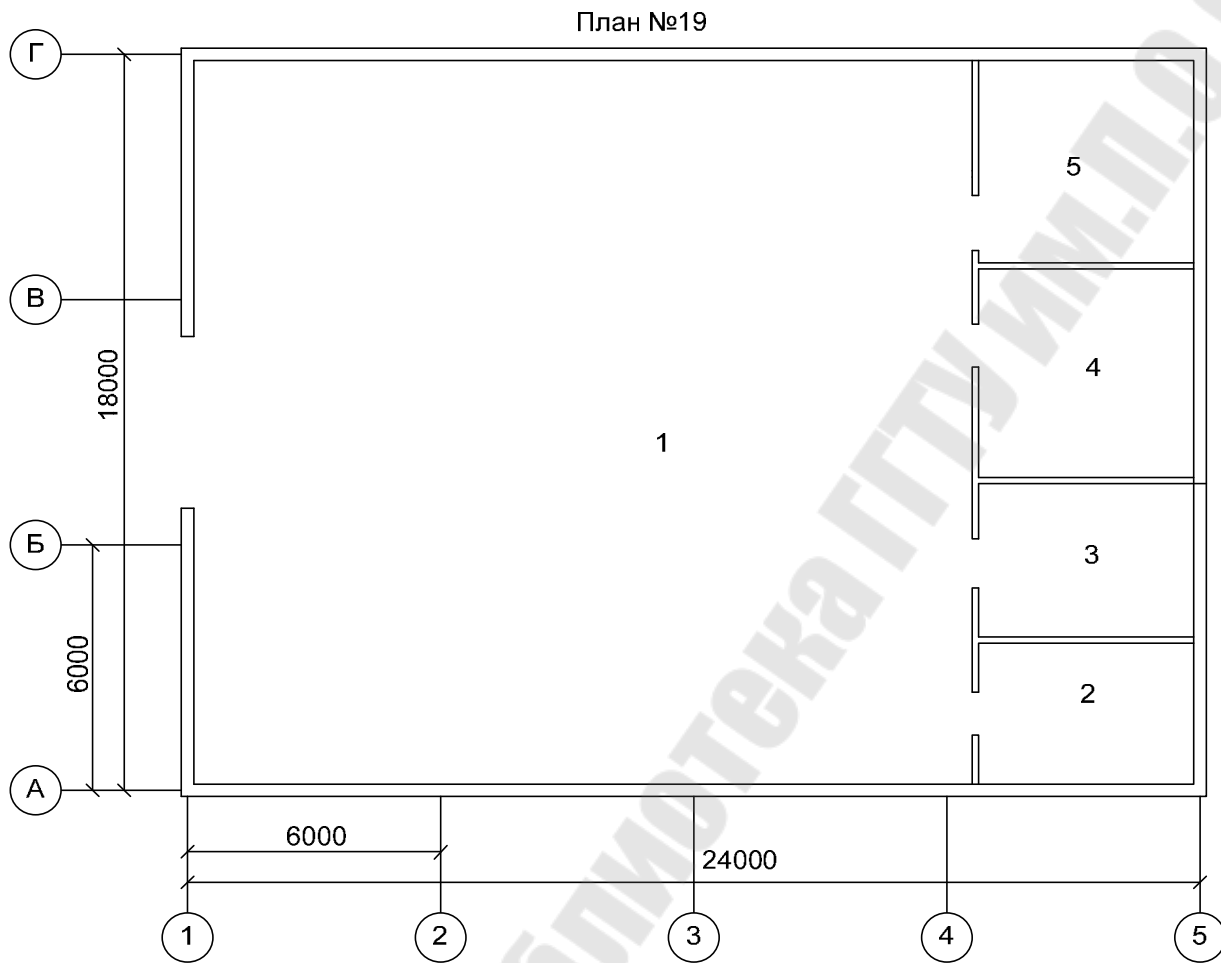


Вариант 18А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Мастерские	6,6
2	КТП	3,4
3	Сварочное отделение	3,6
4	Заточное отделение	3,6
5	Кладовая	3,6
6	Венткамера	3,6

Вариант 18Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Ремонтные мастерские	7,0
2	Электрощитовая	3,0
3	Заточное отделение	3,0
4	Венткамера	3,0
5	Комната персонала	3,0
6	Сварочный участок	3,0

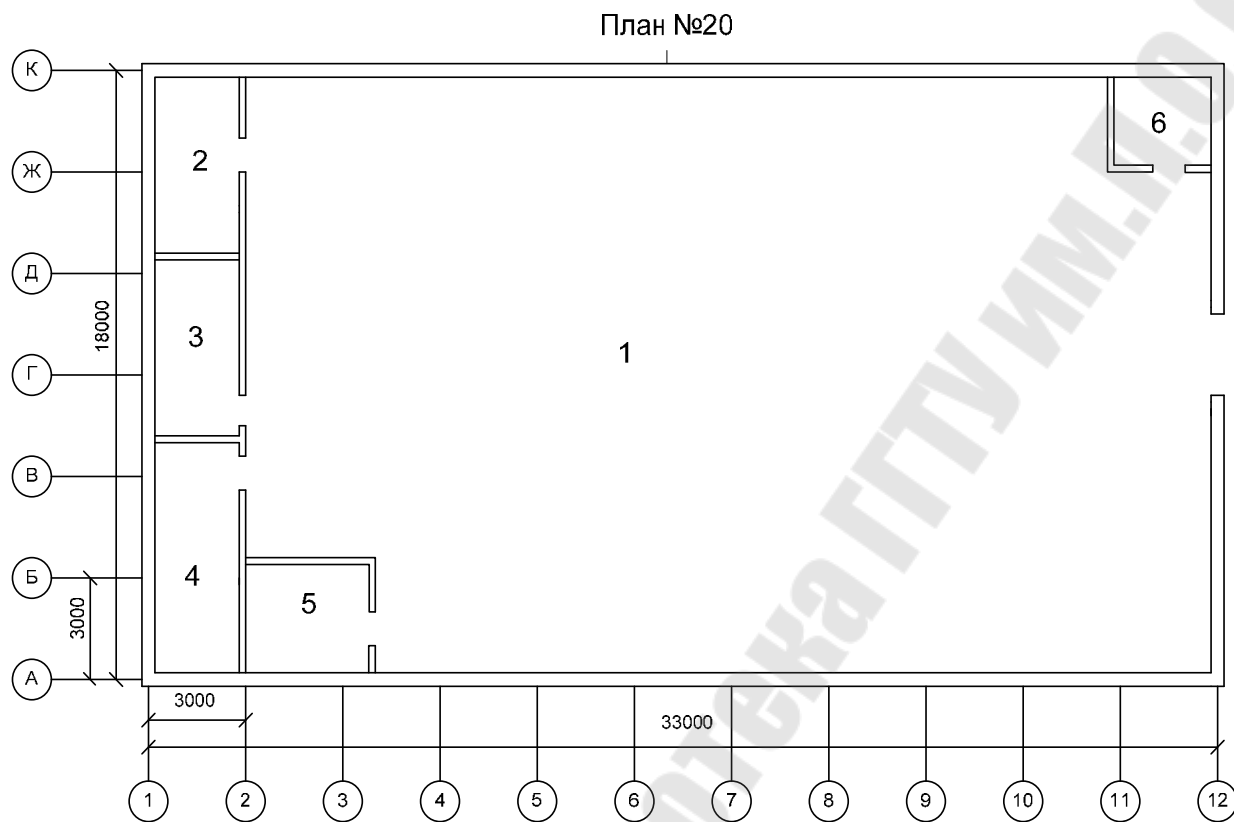


Вариант 19А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Столярный цех	8,8
2	КТП	4,0
3	Комната персонала	4,0
4	Санузел	4,0
5	Сушильная камера	4,0
6	Склад	4,0

Вариант 19Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Котельная	7,8
2	Лаборатория	3,0
3	Венткамера	3,0
4	Кладовая	3,0
5	Электрощитовая	3,0
6	Дежурный оператор	3,0

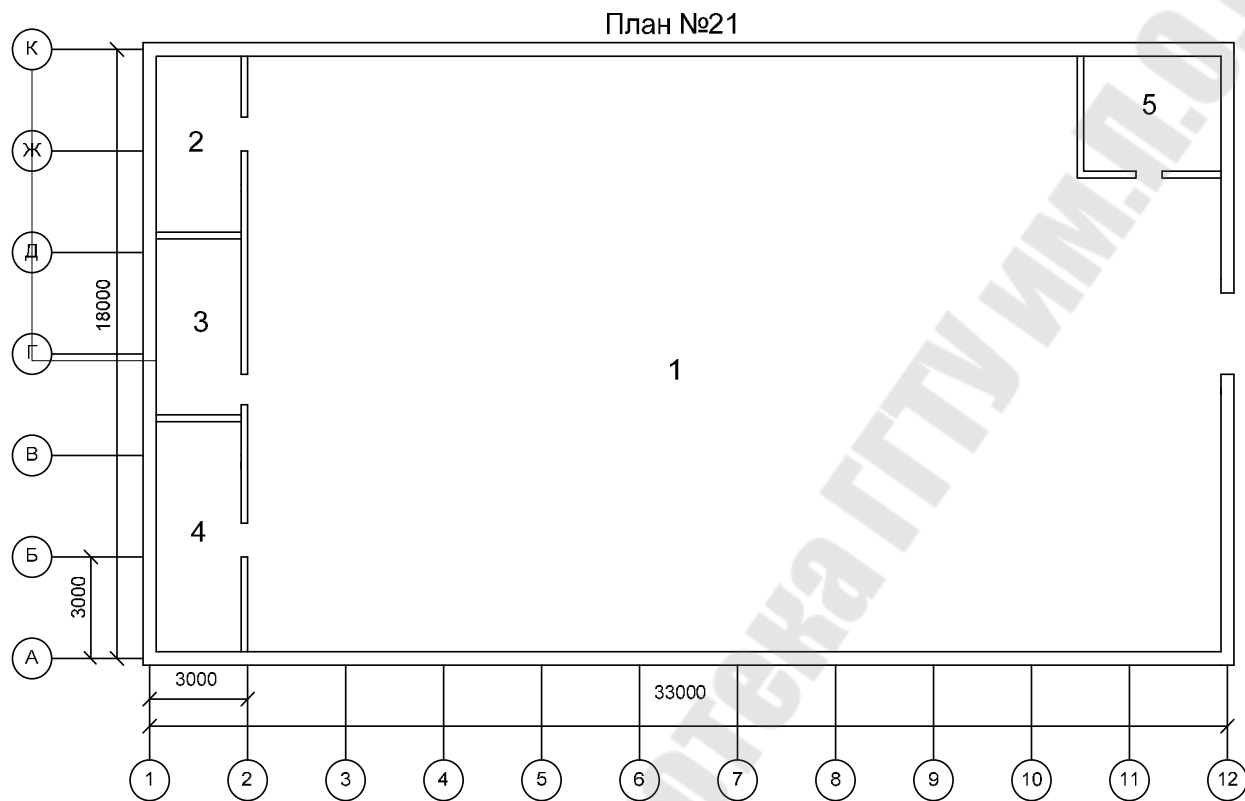


Вариант 20А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Зерносушильный склад	8,2
2	Дежурный оператор	3,8
3	Венткамера	3,8
4	Электрощитовая	3,8
5	Кладовая	3,8
6	Сушильная камера	3,8

Вариант 20Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Гараж с мастерской	6,8
2	Венткамера	3,5
3	Кабинет мастера	3,5
4	Ремонт двигателей	3,5
5	Кладовая	3,5
6	КТП	3,5

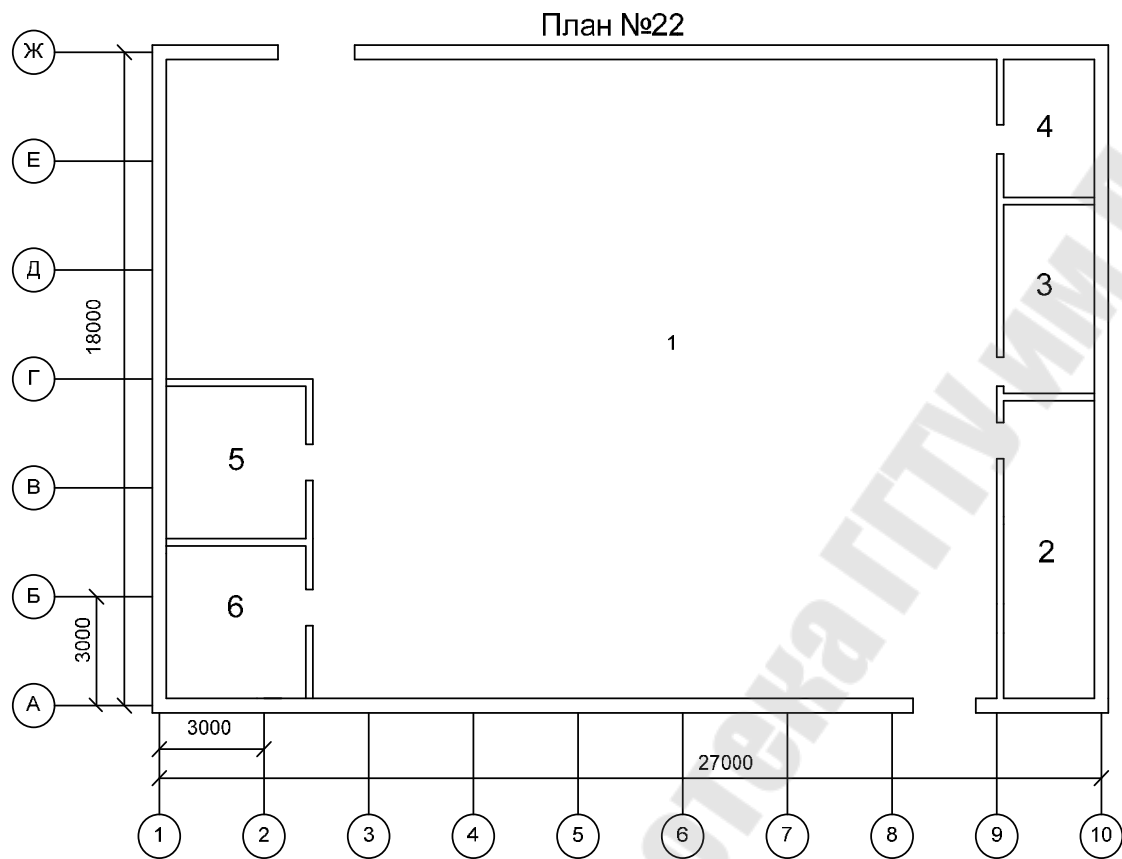


Вариант 21А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Ремонтные мастерские	6,5
2	КТП	3,3
3	Комната мастера	3,3
4	Венткамера	3,3
5	Сварочный участок	3,3
6	Кладовая	3,3

Вариант 21Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Гараж с/х техники	7,8
2	Склад	3,6
3	Кабинет мастера	3,6
4	Венткамера	3,6
5	Электрощитовая	3,6
6	Кладовая	3,6

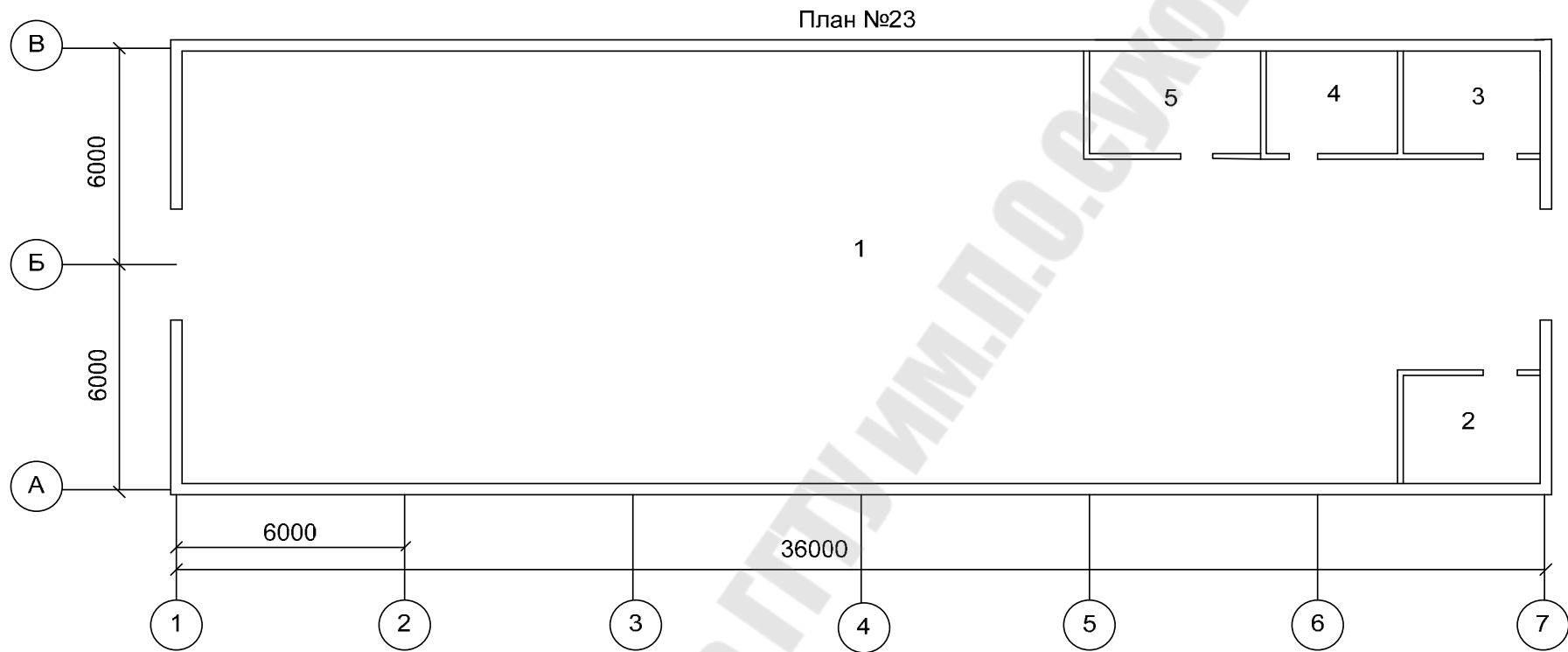


Вариант 22А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Мастерские	6,9
2	КТП	3,8
3	Комната мастера	3,8
4	Санузел	3,8
5	Сварочный участок	3,8
6	Венткамера	3,8

Вариант 22Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Гараж с мастерской	7,8
2	Ремонт кузовов	3,6
3	Кабинет мастера	3,6
4	Сварочный участок	3,6
5	Электрощитовая	3,6
6	Венткамера	3,6

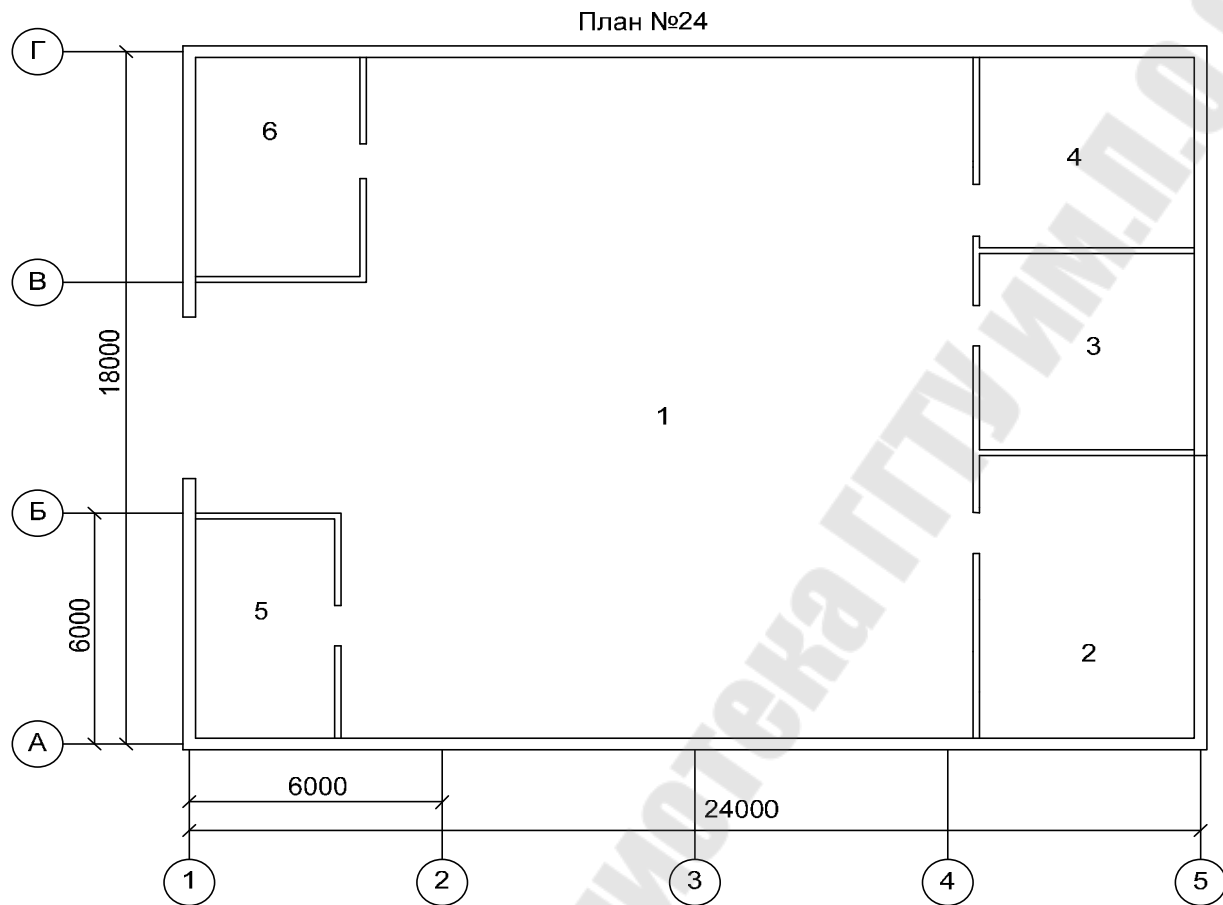


Вариант 23А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Авторемонтный цех	8,0
2	Ремонт двигателей	4,0
3	Ремонт кузовов	4,0
4	КТП	4,0
5	Венткамера	4,0
6	Кладовая	4,0

Вариант 23Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Птичник	7,8
2	Венткамера	3,0
3	Склад кормов	3,0
4	Холодильная камера	3,0
5	Комната персонала	3,0
6	Тепловой узел	3,0

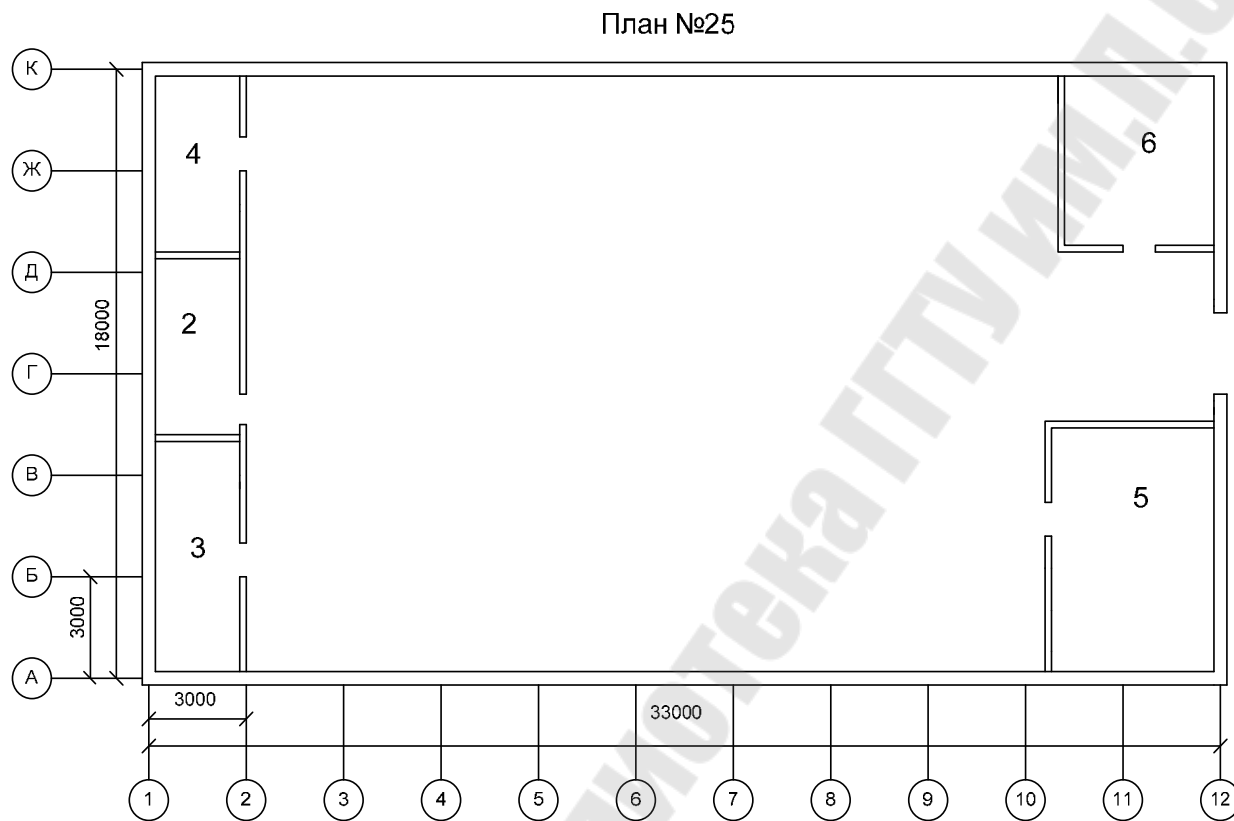


Вариант 24А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Котельная	7,8
2	КТП	3,5
3	Насосное отделение	3,5
4	Венткамера	3,5
5	Дежурный оператор	3,5
6	Санузел	3,5

Вариант 24Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Насосная станция	6,6
2	Электрощитовая	3,9
3	Венткамера	3,9
4	Дежурный оператор	3,9
5	Слесарная мастерская	3,9
6	Санузел	3,9



Вариант 25А

Номер	Наименование	Высота, м
1	Ремонт с/х техники	8,8
2	Электромастерская	4,4
3	Сварочное отделение	4,4
4	Кабинет	4,4
5	Электрощитовая	4,4
6	Санузел	4,4

Вариант 25Б

Номер	Наименование	Высота, м
1	Гараж	7,6
2	Электромастерская	3,6
3	Ремонт двигателей	3,6
4	Шиномонтаж	3,6
5	Комната отдыха	3,6
6	КТП	3,6

2.2. Исходные данные об источниках питания

Исходные данные и характеристики источников питания электрического освещения помещений приведены в таблице 2.1.

Таблица 2.1

Вариант	$n \times S_{\text{ит}}, \text{кВ} \cdot \text{А}$	$\beta_{\text{т}}$	$\cos \varphi_{\text{т}}$	$l_{\text{ТП-ВРУ}}, \text{м}$
1	1×630	0,7	0,75	–
1А		0,8	0,85	55
2	1×400	0,75	0,87	–
2А		0,83	0,78	79
3	2×630	0,95	0,8	70
3А		0,85	0,9	–
4	1×400	0,68	0,8	–
4А		0,88	0,85	100
5	2×630	0,91	0,74	–
5А		0,87	0,85	110
6	1×1000	0,73	0,77	130
6А		0,84	0,83	–
7	1×250	0,78	0,9	110
7А		0,69	0,7	–
8	1×100	0,76	0,85	85
8А		0,88	0,75	95
9	1×100	0,65	0,9	65
9А		0,75	0,8	100
10	1×1000	0,84	0,75	80
10А		0,92	0,85	–
11	2×630	0,96	0,77	–
11А		0,9	0,86	60
12	1×400	0,76	0,79	–
12А		0,82	0,87	80
13	1×630	0,93	0,79	–
13А		0,79	0,88	55
14	2×630	0,65	0,71	75
14А		0,75	0,82	–
15	1×400	0,95	0,85	60
15А		0,75	0,79	–

Продолжение табл. 2.1

16	2×400	0,75	0,91	45
16A		0,8	0,89	–
17	1×400	0,97	0,80	80
17A		0,93	0,71	–
18	1×100	0,76	0,77	–
18A		0,82	0,88	68
19	1×400	0,89	0,60	–
19A		0,96	0,70	70
20	2×630	0,8	0,65	110
20A		0,75	0,75	–
21	1×630	0,96	0,78	–
21A		0,86	0,73	76
22	1×400	0,88	0,83	–
22A		0,78	0,76	80
23	1×1000	0,93	0,74	–
23A		0,83	0,68	65
24	2×1000	0,76	0,76	–
24A		0,83	0,68	100
25	2×630	0,69	0,7	90
25A		0,79	0,8	–

3. РЕКОМЕНДАЦИИ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Введение

Во введении необходимо указать роль и значение электрического освещения в производственной деятельности человека, привести краткую характеристику и перспективы развития осветительных установок. Должны быть указаны цель выполнения курсовой работы и задачи для ее достижения.

Объем раздела «Введение» не должен превышать 2 страницы.

3.2. Определение нормируемой освещенности помещений и обоснование выбора коэффициентов запаса

Определение и выбор нормируемой освещенности помещений (E_{\min}) выполнить по отраслевым нормам [2, прил. В, Г] в зависимости от назначения помещений, выполняемой работы. Значения коэффи-

коэффициента запаса (K_3) принять в зависимости от условий приведенных ниже.

В данном разделе привести основные факторы по которым осуществляется выбор E_{\min} и K_3 для конкретных помещений по рекомендациям приведенным ниже и в табличной форме привести следующую информацию: наименование помещения, значение нормируемой освещенности для системы рабочего и аварийного освещения и коэффициента запаса

Нормы освещенности искусственного освещения промышленных помещений, зданий и сооружений АПК, общественных и жилых зданий, территорий предприятий и организаций, улиц, площадей регламентированы нормативными документами. Основным нормативным документом для определения минимальных норм освещенности является ТКП 45 - 2.04 – 2009 «Естественное и искусственное освещение» [2]. Рекомендуемые нормируемые показатели освещения общепромышленных помещений и сооружений приведены в приложении В, рекомендуемые нормируемые показатели освещения основных помещений общественных, жилых, вспомогательных зданий – в приложении Г.

Нормируемые значения освещенности должны быть обеспечены в течение всего времени эксплуатации осветительной установки. Однако из-за старения и загрязнения ламп и светильников и поверхностей помещений уровень освещенности со временем снижается. Поэтому начальная освещенность должна увеличиваться на стадии проектирования осветительной установки, что достигается введением коэффициента запаса.

Расчетный коэффициент запаса зависит от количества пыли, дыма, копоти в воздухе, значительной концентрации паров, кислот, щелочей, газов, способных при соприкосновении с влагой образовывать слабые растворы кислот, щелочей, а также обладающих большой коррозирующей способностью, степени старения данного типа источников света, светильников, и конечно периодичности очистки ламп и светильников.

В зависимости от указанных обстоятельств значение коэффициента запаса принимается в пределах 1,3...2,0 для помещений, территорий, количества чисток светильников в год и эксплуатационной группы светильников приведены в [2] табл.3.

3.3. Обоснование выбора источников света для системы общего рабочего и аварийного эвакуационного освещения помещений

Выбор того или иного источника света (ИС) из существующего многообразия их определяется требованиями к освещению (цветность излучения, показатель блескости, пульсации светового потока и др.) и выполняется на основании сопоставления достоинств и недостатков существующих ИС.

В соответствии с [2] общее искусственное освещение производственных помещений, предназначенных для постоянного пребывания людей, должно обеспечиваться разрядными ИС.

Определив требования к освещению помещений, зная высоту их, а также достоинства и недостатки существующих ИС, для каждого помещения выбрать необходимый источник света. Использовать рекомендации, приведенные в табл. 3.1 для производственных помещений, в табл. 3.2 для общего освещения общественных зданий.

Наметить варианты выбора ИС, сравнить варианты по основным критериям, обосновать выбор ламп и в табличной форме привести следующие данные: наименование помещения, тип выбранных ламп рабочего и аварийного освещения,

Для освещения помещений следует использовать, как правило, наиболее экономичные разрядные лампы. Использование ламп накаливания для общего освещения допускается только в случае невозможности или технико-экономической нецелесообразности использования разрядных ламп.

Для местного освещения кроме разрядных источников света следует использовать лампы накаливания, в том числе галогенные.

Для замены ламп накаливания без переделки светильников широкое распространение получили компактные люминесцентные энергосберегающие лампы мощностью 7, 9, 11, 13, 15, 20, 23 Вт с резьбовым цоколем E14, E27 и 40, 80, 105 Вт с цоколем E40.

Разрядные лампы высокого давления (ДРЛ, ДРИ, ДНаТ) применяются в производственных помещениях с высокими перекрытиями ($H \geq 6$ м), причем при наличии высоких требований к цветопередаче применяются лампы ДРИ.

Разрядные стандартные лампы высокого давления типа ДНаТ

из-за низкой цветопередачи ($R_a = 26$) используются для освещения помещений с невысоким уровнем освещенности (складских помещений, открытых пространств, заводских территорий, улиц, площадей). Здесь учитываются положительные свойства лампы нормально работать в широком диапазоне температур – $\pm 40^\circ\text{C}$.

Индукционные лампы применяются для освещения производственных и общественных зданий, имеющие ряд достоинств по сравнению с разрядными лампами. Индукционные лампы в своей конструкции не имеют спиралей, электродов и потому срок службы увеличивается до 100 тысяч часов. Герметичность колбы, отсутствие электродов и спиралей позволяют использовать индукционные лампы в помещениях с различной средой и наружных установках.

Светодиодные источники света постоянно улучшаются, увеличивается световая отдача, снижается слепящее действие, что делает их конкурентоспособными с люминесцентными и разрядными источниками света.

Для аварийного освещения (освещения безопасности и эвакуационного) следует применять:

лампы накаливания;

люминесцентные лампы – в помещениях с минимальной температурой воздуха не менее 10°C и при условии питания ламп во всех режимах напряжением не ниже 90% номинального.

Эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов (или на земле) и на ступенях лестниц: в помещениях – 0,5 лк, на открытых территориях – 0,2 лк.

Неравномерность эвакуационного освещения (отношение максимальной освещенности к минимальной) по оси эвакуационных проходов должна быть не более 40:1.

Рекомендуемые источники света для производственных помещений приведены в табл. 3.1, рекомендуемые источники света для общего освещения общественных зданий приведены в табл. 3.2.

Таблица 3.1

Источники света для производственных помещений при системе общего освещения

Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, R_a	Диапазон цветовой температуры источников света T_c , °К	Примерные типы источников света
Контроль цвета с очень высокими требованиями к цветоразличению (контроль готовой продукции на швейных фабриках, тканей на текстильных фабриках, сортировка кожи и т. п.)	300 и более	90	5000–6000	ЛДЦ, ЛДЦ УФ (ЛХЕ)
Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (ткачество, швейное производство, цветная печать и т. д.)	300 и более	85	3500–6000	ЛБЦТ, ЛДЦ, ЛДЦ УФ
Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (сборка радиоаппаратуры, прядение, намотка проводов и т. п.)	500 и более	50	3500–6000	ЛБ (ЛХБ), МГЛ
	300, 400	50	3500–5500	ЛБ (ЛХБ), МГЛ, НЛВД+ МГЛ
	150, 200	45	3000–4500	ЛБ (ЛХБ), НЛВД+ МГЛ, ДРЛ
Требования к цветоразличению отсутствуют (механическая обработка металлов, пластмасс, сборка машин, инструментов и т. п.)	500 и более	50	3500–6000	ЛБ (ЛХБ), МГЛ
	300, 400	40	3500–5500	ЛБ (ЛХБ), НЛВД+МГЛ
	150, 200	29	2600–4500	
	Менее 150	25	2400–3500	НЛВД+МГЛ, ЛБ, (ДРЛ), НЛВД, КГ

Таблица 3.2

Источники света для общественных зданий при системе общего освещения

Требования к освещению	Характеристика зрительной работы по требованиям к цветоразличению	Освещенность, лк	Минимальный индекс цветопередачи источников света, R_a	Диапазон цветовой температуры источников света, $T_c, \text{°K}$	Примерные типы источников света
Обеспечение зрительного комфорта в помещениях при выполнении зрительных работ А-В разрядов	Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению и выбор цвета (специализированные магазины «Ткани», «Одежда» и т. п.)	300–500	90	3500–6000	ЛДЦ (ЛХЕ)
	Сопоставление цветов с высокими требованиями к цветоразличению (кабинеты рисования, обслуживающих видов труда, закройные отделения в ателье)	300–500	85	3500–5000	ЛБЦТ (ЛЕЦ, ЛХЕ)
		150–300	85	3500–4500	ЛБЦТ (ЛЕЦ)
	Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению (комнаты кружков учебных заведений; универсамы, торговые залы)	300–500	55	3500–5000	ЛБ, ЛБЦТ, МГЛ (ЛХБ, ЛЕЦ)

Продолжение табл. 3.2

		150–300	50	3000–4500	ЛБ, ЛБЦТ, МГЛ (ЛХБ, ЛЕЦ, ДРЛ, МГЛ + НЛВД)
		Менее 150	50	2700–3500	ЛБ, МГЛ + НЛВД (ГЛН, ЛН)
	Требования к цвето- различению отсутст- вуют (кабинеты, ра- бочие комнаты, кон- структорские, чер- тежные бюро, чита- тельские каталоги, архивы)	300–500	55	3500–5000	ЛБ, МГЛ (ЛХБ, ЛЕЦ)
		150–300	50	3000–4500	ЛБ, МГЛ (ЛХБ)
		Менее 150	45	2700–3500	ЛБ, МГЛ
Требова- ния к ос- вещению	Характеристика зри- тельной работы по требованиям к цве- торазличению	Освещен- ность, лк	Минималь- ный индекс цветопере- дачи источ- ников света, R_a	Диапазон цветовой темпера- туры ис- точников света, $T_c, ^\circ\text{K}$	Примерные типы источ- ников света
Обеспе- чение психо- эмоцио- нального комфорта в помещ- ниях с разряда- ми зри- тельных работ Г, Ж	Различение цветных объектов при невы- соких требованиях к цветоразличению (концертные залы, зрительные залы те- атров, клубов, акто- вые залы, вестибюли и т. п.)	300–500	80	2700– 4500	ЛБЦТ, КЛТБЦ (ЛЕЦ)
		150–300	55	2700– 4200	ЛБ, ЛБЦТ, КЛТБЦ (ЛХБ, ЛЕЦ)
		Менее 150	50	3000– 3500	ЛБ, МГЛ + НЛВД

Продолжение табл. 3.2

	Требования к цветоразличению отсутствуют (лифтовые холлы, коридоры, проходы, переходы)	Менее 150	45	2700–3500	ЛБ (ГЛН, ЛН, ДРЛ)
Обеспечение зрительного и психоэмоционального комфорта в помещениях жилых зданий	Различение цветных объектов при невысоких требованиях к цветоразличению:				
	жилые комнаты, кухни	100	80	2700–4000	КЛТБЦ, ЛТБЦЦ, ЛБ, ЛЕЦ
	прихожие, ванные комнаты	50	80	2700–4000	КЛТБЦ, ЛТБЦЦ, ЛЕЦ, ЛБ (ГЛН, ЛН)
	Требования к цветоразличению отсутствуют: лестничные клетки, лифтовые холлы, вестибюли	Менее 100	45	3000–3500	ЛБ

Технические данные ламп приведены в таблице 3.3...3.8.

Таблица 3.3

Технические данные ламп накаливания

Тип лампы	Потребляемая мощность, Вт	Световой поток, лм	Световая отдача, лм/Вт	Тип цоколя
В215-225-15	15	120	8,0	Резьбовой Е27/27
В215-225-25	25	220	8,8	
Б215-225-40	40	430	10,8	
БК215-225-40	40	475	11,9	
Б215-225-60	60	730	12,2	
БК215-225-60	60	800	13,3	
Б215-225-100	100	1380	13,8	
Б215-225-150	150	2220	14,8	
Б215-225-200	200	3150	15,7	
Г215-225-300-1	300	4850	16,1	Е27/30
Г215-225-500	500	8400	16,1	
Г215-225-750	750	13100	17,5	
Г215-225-1000	1000	18800	18,8	

Таблица 3.4

Технические данные трубчатых люминесцентных ламп Т8

Мощность, Вт	Световой поток, лм			
	ЛБ	ЛДЦ	ЛЕЦ	ЛТБЦ
18	1250	850	850	735
36	3050	2200	2150	-
58	4700	-	3330	-

Таблица 3.5

Технические данные компактных люминесцентных ламп

Тип лампы	Мощность, Вт	Размеры, мм		Световой поток, лм	Тип цоколя
		длина	диаметр		
КЛ7/ТБЦП	7	135	28	400	G23
КЛ9/ТБЦП	9	167	28	600	G23
КЛ11/ТБЦП	11	235	28	900	G23
КЛС9/ТБЦ	9	150	85	425	E27
КЛС13/ТБЦ	13	160	85	600	E27
КЛС18/ТБЦ	18	170	85	900	E27
КЛС25/ТБЦ	25	180	85	1200	E27

Таблица 3.6

Технические данные ртутных ламп ДРЛ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Средняя продолжительность горения, тыс. ч
ДРЛ50(15)	50	1900	E27/27	10
ДРЛ80(6)	80	3300	E27/30	12
ДРЛ80(15)		3600	E27/27	
ДРЛ125(6)	125	5900	E27/30	
ДРЛ125(10)		6300	E27/30	12
ДРЛ250(10)-4		13500		12
ДРЛ250(14)-4		13500		
ДРЛ400(6)-4	400	23500	E40/45	15
ДРЛ400(10)-4		24000		
ДРЛ700(6)-3	700	40600		20
ДРЛ700(10)-3		41000		
ДРЛ1000(6)-3	1000	58000	E40/45	18

Таблица 3.7

Технические данные металлогалогенных ламп ДРИ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой поток, лм	Тип цоколя	Продолжительность горения тыс. ч
ДРИ125	125	8300	E27/27	3
ДРИ175	175	12000	E40/45	4
ДРИ250-5	250	19000	E40/45	10
ДРИ250-6	250	19000	E40/45	3
ДРИ400-5	400	35000	E40/45	10
ДРИ400-6	400	32000	E40/45	3
ДРИ700-5	700	60000	E40/65x50	9
ДРИ700-6	700	56000	E40/65x50	3
ДРИ1000-6	1000	90000	E40/45	3

Таблица 3.8

Технические данные натриевых ламп ДНаТ

Тип лампы	Мощность, Вт	Световой по- ток, лм	Тип цоколя	Срок служ- бы, тыс. ч
ДНаТ50	50	4000	E27	6
ДНаТ70	70	6000	E27	10
ДНаТ100	100	10000	E27	10
ДНаТ150	150	15000	E40	15
ДНаТ250	250	26000	E40	20
ДНаТ400	400	50000	E40	20

3.4. Обоснование выбора типа светильников, высоты подвеса и размещение на плане помещения

Основными факторами, определяющими выбор светильников, являются:

условия окружающей среды (наличие пыли, влаги, химической агрессивности, пожароопасной и взрывоопасной зон);

строительная характеристика помещения (размеры помещения, в том числе его высота, наличие ферм, технических мостиков, размеры строительного модуля, отражающие свойство стен, потолка, пола и рабочей поверхности);

требования к качеству освещения.

Выбор конкретного типа светильников осуществляется по конструктивному исполнению, светораспределению и ограничению слепящего действия, экономическим соображениям.

По конкретным исходным данным помещений (окружающая среда, строительная характеристика) с учетом требований к качеству

освещения выбрать соответствующий тип светильника по каталогам предприятий производителей выбрать светильники. и технические характеристики светильников. Наименование помещений, тип светильников, количество и мощность ламп в светильнике, кривая силы света, степень защиты, способ установки представить в виде таблицы.

Выбор высоты подвеса светильников (H_{δ}) осуществляется одновременно с выбором типа светильников, их размещения, обслуживания, с учетом строительных особенностей помещений (наличие ферм, технологических мостиков, кранов и др.), способов прокладки и монтажа проводов и кабелей осветительной сети.

Минимальная высота подвеса светильников ограничена условием ослепляющего их действия (рекомендуемая минимальная высота подвеса светильников).

Максимальная высота ограничена размерами помещения и условиями обслуживания светильников.

Для каждого проектируемого помещения на основании требований и рекомендаций, приведенных в [6], [22] определить высоту подвеса светильников.

Выбор схем размещения выполнить в соответствии с рекомендациями [22, п. 2.3.3]; рассчитать расстояние между светильниками (рядами светильников), от светильников до стен.

Особое внимание при этом обратить на то, имеет ли помещение ферменные перекрытия или нет, соблюдение рекомендуемых значений оптимального наивыгоднейшего отношения $\frac{L}{H_p}$.

При выборе светильников для различных помещений необходимо руководствоваться следующими рекомендациями:

по конструктивному исполнению (открытые – лампа не отделена от внешней среды, защищенные – лампа защищена от механических повреждений, закрытые – защищены от проникновения пыли и механических повреждений лампы; пыленепроницаемые – защищены от проникновения тонкой пыли; влагозащищенные – противостоят воздействию влаги, взрывозащищенные – противостоят появлению взрыва);

по степени защиты светильника, предусматривается защита от проникновения внутрь твердых тел и воды в соответствии с международной системой обозначения состоящей из букв IP00 (International Protection) и двух цифр, обозначающих степени защиты. Первая цифра определяет защиту лампы от пыли. Установлено шесть классов за-

щиты от пыли. Вторая цифра определяет защиту от попадания внутрь оболочки светильника воды – восемь классов).

Возможные исполнения светильников по степени защиты представлены в табл. 3.9.

Таблица 3.9

Исполнение светильников по степени защиты

Степень защиты от проникновения твердых тел	Степень защиты от проникновения воды								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
0	IP00	-	-	-	-	-	-	-	-
1	IP10	IP11	IP12	-	-	-	-	-	-
2	IP20	IP21	IP22	IP23	-	-	-	-	-
3	IP30	IP31	IP32	IP33	IP34	-	-	-	-
4	IP40	IP41	IP42	IP43	IP44	-	-	-	-
5	IP50	IP51	-	-	IP54	IP55	IP56	-	-
6	IP60	-	-	-	-	IP65	IP66	IP67	IP68

по светораспределению, т.е. распределению светового потока в пространстве (в производственных помещениях с низкими коэффициентами отражения стен, потолков целесообразно применение светильников прямого света класса П со светораспределением типа К (концентрированная) при высоких потолках (более 6-8 м), с меньшей высотой потолков – со светораспределением типа Д (косинусная), реже Г (глубокая). С увеличением высоты помещения применяемый светильник должен иметь большую степень концентрации светового потока (К, Г) и наоборот в низких помещениях рекомендуется использовать светильники с более широким светораспределением (Д, Г). При высоких отражающих свойствах стен и потолков производственных помещений (светлые потолки и стены) целесообразно применение светильников преимущественно прямого света класса Н. Светильники преимущественно прямого света класс П и рассеянного света класса Р с кривыми светораспределения Д (косинусная) и Л (полуширокая) целесообразно применять для освещения административных, учебных помещений, лабораторий. Светильники классов В (преимущественно отраженного света) и О (отраженного света) применяются для создания архитектурного освещения производственных помещений, гражданских зданий. Для наружного освещения – светильники с кривой силы света Ш (широкая) При высоких отражающих свойствах пола или рабочих поверхностей преимущество получают све-

тильники класса П, поскольку в этом случае за счет отражения в верхнюю полусферу попадает достаточно светового потока для создания приемлемого зрительного комфорта);

по ослепленности – учет при выборе светильников слепящего их действия осуществляется по показателю ослепленности, который нормируется и сравнивается с фактическим показателем ослепленности;

по экономичности (выбор светильников по критерию экономичности выполняется по минимуму приведенных затрат). Учитывая что основной составляющей годовых эксплуатационных расходов являются затраты на электроэнергию, можно с некоторым приближением оценивать экономичность светильника по критерию энергетической экономичности (\mathcal{E}_3)

При системе общего освещения светильники можно размещать над освещаемой поверхностью либо равномерно, либо локализовано. При равномерном освещении светильники располагают правильными симметричными рядами, создавая при этом относительно равномерную освещенность по всей площади, а при локализованном – индивидуально для каждого рабочего места или участка производственного помещения, создавая при этом требуемые освещенности только на рабочих местах.

Минимальная высота подвеса светильников ограничивается условием ослепляющего из действия (нормируемый показатель ослепленности).

Максимальная высота ограничивается размерами помещения и условиями обслуживания светильников.

В помещениях ограниченной высоты светильники устанавливаются либо на свесах, либо непосредственно на потолке и обслуживаются с лестниц или стремянок. По условию доступности высота подвеса светильников не должна превышать 5 м от пола, причем светильники не должны располагаться над крупным оборудованием, приемками и в других местах, где невозможна установка лестниц или стремянок.

На рисунке 3.1 показано размещение светильников общего освещения по высоте помещения. Минимальная высота подвеса светильников над освещаемой поверхностью определяется условиями ограничения ослепленности. Большинство помещений общественных зданий имеют высоту около 3 м, поэтому высота подвеса ограничивается высотой помещения.

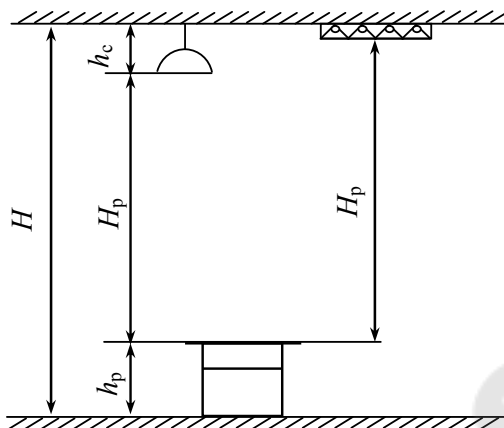


Рис. 3.1. Размещение светильников по высоте помещения

В общем случае расчетная высота подвеса светильников H_p определяется по выражению:

$$H_p = H - h_c - h_p, \quad (3.1)$$

где H – высота помещения;

h_c – высота свеса светильника;

h_p – высота рабочей поверхности, при отсутствии конкретной величины принимается равной 0,8 м.

Задача 3.1 Определить расчетную высоту H_p для производственного помещения.

Высота помещения до ферм перекрытия производственного цеха составляет 8,6 м, высота свеса светильника 0,6 м, Нормированный уровень освещенности 300 лк, Г - пол.

Решение: $H_p = 8,6 - 0,6 = 8,0$ м.

Задача 3.2 Определить расчетную высоту H_p для административного помещения.

Высота помещения от потолка до пола составляет 3,0 м, светильник закреплен непосредственно к перекрытию над рабочей поверхностью, освещенность 300 лк Г-0,8.

Для размещения светильников на плане помещения можно пользоваться следующими рекомендациями.

Определив расчетную высоту h_{δ} и задавшись значением $\frac{L}{h_{\delta}}$, вычисляется расстояние между светильниками L .

Количество рядов светильников определяется по выражению

$$R = \frac{B - 2l}{L} + 1, \quad (3.2)$$

где B – ширина помещения, м.

Определяется количество светильников в ряду

$$N_R = \frac{A - 2l}{L} + 1, \quad (3.3)$$

где A – длина помещения, м.

Полученные результаты округляются до ближайшего целого числа и пересчитываются реальные расстояния:

между рядами светильников

$$L_B = \frac{B - 2l}{R - 1}; \quad (3.4)$$

между светильниками в ряду

$$L_A = \frac{A - 2l}{N_R} \quad (3.5)$$

Для прямоугольных помещений проверяется условие

$$1 \leq L_A / L_B \leq 1,5.$$

Если $L_A / L_B < 1$, то необходимо уменьшить число светильников в ряду на один или увеличить число рядов на один.

Если $L_A / L_B > 1,5$, то необходимо увеличить число светильников в ряду на один или уменьшить число рядов на один.

Общее число светильников определяем по формуле

$$N_{\text{с\`а}} = RN_R \quad (3.6)$$

Светильники с трубчатыми люминесцентными лампами могут располагаться вплотную друг к другу по длине или с разрывом.

При этом расстояние между соседними светильниками в ряду

$$L_A = \frac{A - 2l - N_R l_c}{N_R - 1}, \quad (3.7)$$

где l_c – длина одного светильника.

Ряды светильников с люминесцентными лампами следует располагать параллельно длинной стороне помещения со световыми про-

емами. Если проемы расположены на короткой стороне, то ряды светильников можно располагать и вдоль и поперек помещения. Расстояние от крайнего ряда светильников до стен (l) рекомендуется принимать около $0,5L$ при наличии у стен проходов и $0,3L$ в остальных случаях.

Технические характеристики светильников приведены в табл. 3.10.

Таблица 3.10

Технические характеристики некоторых светильников

Тип, серия светильника	Количество и мощность, Вт	Степень защиты	КСС/ Класс светораспределения по ГОСТ 17677-82	КПД, %
Светильники с ртутными лампами высокого давления				
РСП05	250-1000	IP20	Д, Г	75
РСП08	250, 400	IP20	Д, Г	75
РСП11	400	IP52	Д, Г	72
РСП12	700	IP52	Д, Г	62
РСП13	400,700,1000	IP53	Д, Г	70
ГСП15	400	IP52	Д, Г	72
ГСП18	250,400,700	IP20	Д, Г	75
Светильники с люминесцентными лампами				
ЛСП02	1×36, 2×36	IP20	Д, Ш	70
ЛВП02	1×58	IP20	Д, Ш	50
ЛВП06	2×58	IP20	Д, Ш	52
ЛСП13	2×36	IP20	Д, Ш	75
Светильники с компактными люминесцентными лампами				
ФСП 10	2×57	IP54	Д, Г	80
ФСП 10	4×57	IP54	Д, Г	80
Светильники с лампами накаливания				
НСР01	100, 200	IP54	Д, Ш	75
НСР02	100	IP52	Ш	75
НСР03М	60	IP54	Ш	85
НСР17	200-1000	IP20	Д, Ш	75
Н4БН	150	IP54	Д, Ш	55
Н4Б-300МА	300	IP54	Д, Ш	50
ВЗГ/В4А200	200	IP54	Д, Ш	50
НБП 60	60	IP54	Ш	60
Индукционные светильники				
САТУРН	40...300	IP54	Д, Ш	80
Светодиодные светильники				
ДПО	35	IP54	Д,Ш	80

Продолжение табл. 3.10

ДПП	45	IP54	Д	80
ДБО	10	IP20	Ш	60
ДБО	10	IP20	Ш	60
С01-10	3,5	IP54	Ш	60

4. СВЕТОТЕХНИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

4.1. Светотехнический расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока

Помещения, в которых предусматривается общее равномерное освещение горизонтальных поверхностей, освещение рассчитывают методом коэффициента использования светового потока.

По этому методу расчетную освещенность на горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от светильников непосредственно на расчетную поверхность и отраженного от стен, потолка и самой поверхности.

Метод коэффициента использования применим для расчета освещения помещений светильниками с различными источниками света.

При расчете по методу коэффициента использования, световой поток ламп, необходимый для создания нормируемой минимальной освещенности определяется по формуле

$$\hat{O} = \frac{A \cdot k \cdot S \cdot z}{\eta}, \quad (4.1)$$

При определении потребного светового потока ламп в каждом светильнике формула имеет вид

$$\hat{O} = \frac{A \cdot k \cdot S \cdot z}{n \cdot \eta}, \quad (4.2)$$

При известной мощности и световом потоке ламп, чтобы определить количество решается обратная задача. Определяется количество ламп, предварительно выбранных по мощности и световому потоку

$$n = \frac{A \cdot k \cdot S \cdot z}{\hat{O} \cdot \eta}, \quad (4.3)$$

где E – заданная минимальная нормируемая освещенность, лк;
 k – коэффициент запаса (принимается 1,4...1,8 в зависимости от условий окружающей среды в помещении табл. 2.1 [5]);
 S – площадь помещения, м²;
 z – отношение $E_{\text{ср}}/E_{\text{min}}$ (неравномерность освещения принимается 1,15 – для точечных источников света; 1,1 – для линейных источников света;

n – количество светильников (ламп в светильнике);

η – коэффициент использования, о.е. (для некоторых типов светильников можно определить по таблицам [5]).

Коэффициент использования определяется в зависимости от значений индекса помещения i и коэффициентов отражения потолка, стен, рабочей поверхности – $\rho_{\text{п}}, \rho_{\text{с}}, \rho_{\text{р}}$.

Индекс помещения можно вычислить по выражению:

$$i = \frac{AB}{h(A+B)} \quad (4.4)$$

где A и B – длина и ширина помещения, м;

h – расчетная высота подвеса светильников над освещаемой поверхностью, м.

Приблизительные значения коэффициентов отражения можно определить по следующим рекомендациям:

побеленный потолок и стены – 80...70 %;

побеленный потолок, стены окрашены в светлые тона – 50 %;

бетонный потолок, стены оклеены светлыми обоями, бетонные стены – 30 %;

стены и потолки в помещениях оштукатуренные, темные обои – 10 %.

При выбранном типе светильников и известен световой поток ламп количество светильников в ряду определяется, как

$$n_{\text{на}} = \hat{O} / \hat{O}_{\text{л}} \quad (4.5)$$

где $\hat{O}_{\text{л}}$ – световой поток лампы, лм.

Задача 4.1. Выполнить расчет электрического освещения произ-

водственного помещения методом коэффициента использования светового потока. Разместить светильники на плане помещения. Размеры помещения: длина – $A = 12 \text{ м}$; ширина – $\hat{A} = 6 \text{ м}$; высота – $h = 3,6 \text{ м}$. Нормируемая освещенность $E = 100 \text{ лк}$, коэффициент запаса $k = 1,5$. Коэффициенты отражения: потолка, стен, расчетной поверхности соответственно $\rho_i = 50 \%$; $\rho_c = 30 \%$; $\rho_p = 10 \%$. Светильники типа НСП17 с компактной люминесцентной лампой

Решение: Определим индекс помещения

$$i = 12 \cdot 6 / 6,3(12 + 6) = 1,1 .$$

По таблице 5.2 [5] определим коэффициент использования по заданным коэффициентам отражения потолка, стен, расчетной поверхности и индексу помещения для светильника типа НСП – $\eta = 0,22 \%$.

Определим световой поток

$$\Phi = 100 \cdot 1,5 \cdot 72 \cdot 1,15 / 0,22 = 56454 \text{ лк} \cdot \text{м}^2 .$$

Выбираем компактную люминесцентную лампу мощностью 85 Вт, у которой световой поток равный 4800 лм.

Определим количество ламп

$$n = \frac{56454}{4800} = 11,76 \approx 12 \text{ шт} .$$

Распределим светильники на плане помещения (рис. 4.1).

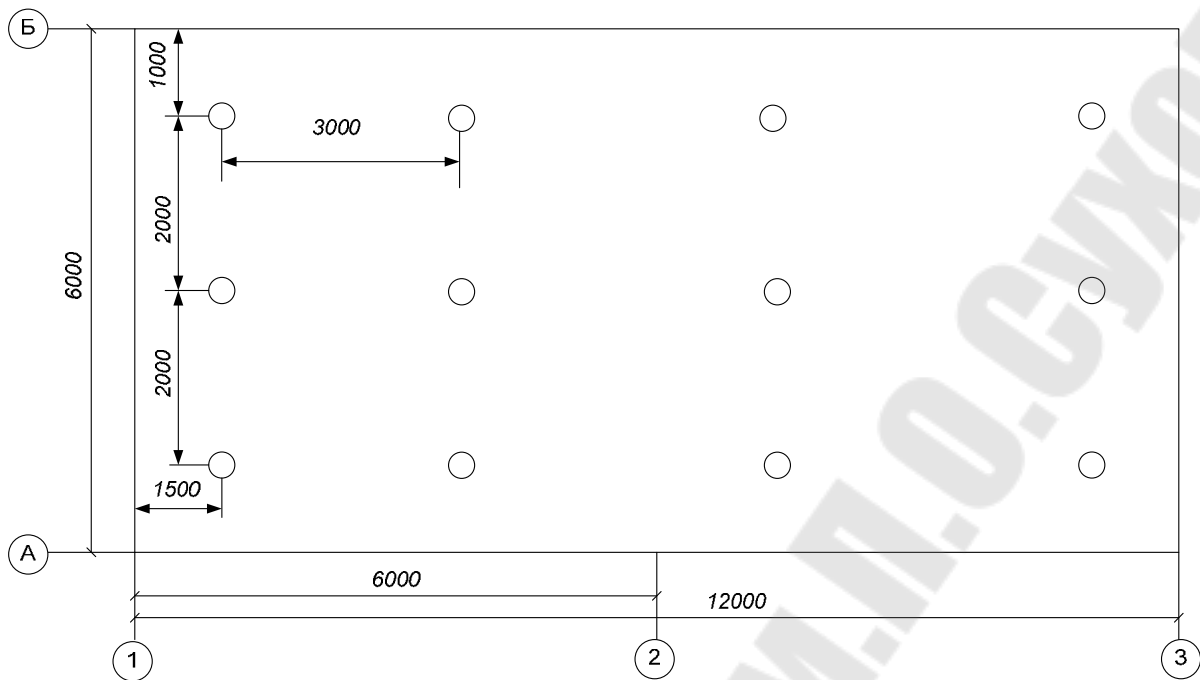


Рис. 4.1. Размещение светильников на плане помещения

Задача 4.2. Выполнить расчет электрического освещения административного помещения. Размеры помещения: длина – $A = 6$ м; ширина – $\hat{A} = 6$ м; высота – $h = 2,9$ м. Нормируемая освещенность $E = 300$ лк, коэффициент запаса $k = 1,3$. Коэффициенты отражения: потолка, стен, расчетной поверхности соответственно $\rho_{\text{п}} = 70\%$; $\rho_{\text{с}} = 50\%$; $\rho_{\text{р}} = 30\%$. Светильники с люминесцентными лампами серии ЛПО 4×18 Вт, кривая силы света Л (полуширокая).

Решение: Определим индекс помещения

$$i = 6 \cdot 6 / 2,9(6 + 6) = 36 / 34,8 = 1,03.$$

По таблице 8,1а [6] определим коэффициент использования по заданным коэффициентам отражения потолка, стен, расчетной поверхности и индексу помещения для светильника серии ЛПО 4×18 с трубчатыми люминесцентными лампами типа ЛБ18 – $\eta = 0,54$.

Определим световой поток всех ламп

$$\Phi = \frac{\hat{A} \cdot \hat{E}_{\text{с}} \cdot S \cdot z}{n_{\text{л}} \cdot \eta};$$

$$\Phi = \frac{300 \cdot 1,3 \cdot 36 \cdot 1,1}{4 \cdot 0,54} = 15444 \text{ лк}$$

Определим количество светильников

$$n_{\text{нл}} = \hat{O} / \hat{O}_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}};$$

$$n_{\text{нл}} = 15444 / 1250 \cdot 4 = 3 \text{ светильника.}$$

Принимаем 3 светильника серии ЛПО 4×18 Вт.

Задача 4.3. Рассчитать количество светильников необходимых для освещения помещения с минимальным уровнем освещенности $E = 300$ лк. Размеры помещения: длина – $A = 8$ м; ширина – $\hat{A} = 6$ м; высота – $h = 2,8$ м. Коэффициент запаса $k = 1,3$. Коэффициенты отражения: потолка, стен, расчетной поверхности соответственно $\rho_{\text{п}} = 70\%$; $\rho_{\text{с}} = 50\%$; $\rho_{\text{р}} = 30\%$. Светильники с трубчатыми люминесцентными лампами серии ЛПО 4×18 Вт, кривая силы света Л (полуширокая).

Решение: Определим индекс помещения

$$i = 8 \cdot 6 / 2,8(8 + 6) = 48 / 39,2 = 1,22.$$

По таблице 8,1а [6] определим коэффициент использования по заданным коэффициентам отражения потолка, стен, расчетной поверхности и индексу помещения для светильника серии ЛПО 1×36 с трубчатыми люминесцентными лампами типа ЛБ36, $\Phi_{\text{л}} = 3050$ лм – $\eta = 0,59\%$

Определим количество ламп

$$n = E \cdot k_{\text{з}} \cdot S \cdot z / \Phi_{\text{л}} \cdot \eta.$$

$$n = 300 \cdot 1,3 \cdot 48 \cdot 1,1 / 3050 \cdot 0,59 = 11,44 \text{ шт.}$$

Принимаем 12 одноламповых светильников серии ЛПО 1×36 Вт.

4.2. Расчет методом удельной мощности вспомогательных помещений

Метод удельной мощности широко применяют в проектной практике, и позволяет без выполнения светотехнических расчетов определять мощность всех ламп общего равномерного освещения, тре-

буемого по нормам в данном помещении.

В основу расчета по удельной мощности положен метод коэффициента использования светового потока.

Удельной мощностью $P_{уд}$ называется отношение суммарной мощности всех ламп, установленных в данном помещении, к площади освещаемой поверхности (пола), Вт/м² :

$$P_{уд} = nP_{л} / S. \quad (4.6)$$

Метод расчета заключается в определении удельной мощности ($P_{уд}$) Вт на 1 м² по таблицам справочной литературы. Зная удельную мощность на один квадратный метр, можно определить и для всего помещения.

Установленная мощность всех ламп определяется как произведение удельной мощности на площадь всего помещения

$$P_{уст} = P_{уд} \cdot S. \quad (4.7)$$

После того как определена мощность всех ламп, можно определить мощность одной лампы, намечая предварительно количество ламп, или определить количество ламп, намечая конкретную стандартную мощность ламп:

$$P_{л} = P_{расч} / n \quad (4.8)$$

$$n = P_{расч} / P_{л}. \quad (4.9)$$

Задача 4.4. Выполнить расчет освещения по удельной мощности. Определить, мощность и количество ламп в складском помещении, а также суммарную мощность осветительной установки. Нормируемая освещенность $E = 50$ лк ; коэффициенты отражения потолка $\rho_{п} = 50 \%$, стен $\rho_{с} = 30 \%$, расчетной поверхности $\rho_{р} = 10 \%$; светильники с лампами накаливания типа НСП17; размеры помещения $A = 24$ м, $B = 12$ м, $H = 6$ м.

Решение: Вычислим площадь помещения

$$S = A \cdot B ;$$

$$S = 24 \cdot 12 = 288 \text{ м}^2.$$

По табл. 5.29 [5] при расчетной высоте подвеса светильников (H_p) – 5,5 м и площади 288 м², а также нормируемой освещенности 50 лк определим удельную мощность Вт/м² для светильника НСП17 составит $P_{уд} = 8,8$ Вт/м².

$$P_{уст} = 8,8 \cdot 288 = 2534,4 \text{ Вт};$$

$$n = 2534,4/200 \approx 12 \text{ ламп}.$$

Задача 4.5. Определить количество ламп накаливания для освещения электропомещения (ТП) с минимальной освещенностью 50 лк. Размеры помещения $A = 6$ м, $B = 6$ м, $H = 3,0$ м; коэффициенты отражения потолка $\rho_{п} = 50\%$, стен $\rho_{с} = 30\%$, расчетной поверхности $\rho_{р} = 10\%$; светильники серии НПП100.

Решение: Вычислим площадь помещения

$$S = A \cdot B = 6 \cdot 6 = 36 \text{ м}^2.$$

По табл. 5.29 [5] при расчетной высоте (H_p) – 3 м и площади 36 м², а также нормируемой освещенности 50 лк определим удельную мощность Вт/м² для светильника НПП100 составит $P_{уд} = 16,2$ Вт/м².

Определим установленную мощность всех ламп в помещении

$$P_{уст} = 16,2 \cdot 36 = 583 \text{ Вт},$$

тогда

$$n = 583/100 = 6 \text{ ламп}.$$

Задача 4.6. Определить количество и мощность ламп накаливания для освещения электрощитовой с минимальной освещенностью 100 лк. Размеры помещения $A = 9$ м, $B = 6$ м, $H = 3,0$ м; удельная мощность $P_{уд} = 24,2$ Вт/м².

Решение: Пользуясь рекомендациями размещения светильников для равномерного освещения, произведем размещение светильников на плане помещения.

После размещения светильников имеем два ряда светильников

по 4 светильника в ряду итого 8 светильников.

Вычислим площадь помещения

$$S = 9 \cdot 6 = 54 \text{ м}^2.$$

Определим мощность установленных ламп

$$P_{\text{уст}} = 222,2 \cdot 54 = 1198,8 \text{ Вт};$$

$$P_{\text{л}} = 1198,8/8 = 149,85 \text{ Вт},$$

принимая стандартную лампу мощностью 150 Вт.

4.3. Расчет точечным методом эвакуационного освещения

Точечный метод расчета освещения является обязательным для расчета освещенности негоризонтальных поверхностей, общего локализованного, эвакуационного, местного и наружного освещения. Он позволяет рассчитывать световой поток источника света, светильника, ряда светильников.

Точечный метод в отличие от метода коэффициента использования позволяет определить освещенность любой точки на рабочей поверхности, как угодно расположенной в пространстве, например, горизонтально, вертикально или наклонно. Расчет освещения точечным методом выполняют тогда, когда невозможно применить метод коэффициента использования, например расчеты локализованного освещения, освещения наклонных или вертикальных поверхностей. Точечный метод также часто применяют в качестве проверочного расчета, когда необходимо оценить фактическое распределение освещенности на освещаемой поверхности.

Пространственные изолюксы или кривые значений освещенности составлены для стандартных светильников с условной лампой 1000 лм в прямоугольной системе координат [10] в зависимости от высоты подвеса светильника H_p и расстояния в проекции светильника d на горизонтальную поверхность до контрольной (характерной) точки.

Порядок расчета данным методом следующий:

а) на плане помещения с известным расположением светильников намечается одна или две контрольные точки, в которых ожидается наименьшая освещенность. Например, т. А (рис. 4.2);

б) определяются расстояния от контрольной точки до ближай-

ших светильников, т.е. расстояния d_1, d_2, \dots, d_6 ;

в) в зависимости от типа светильников по кривым пространственных изолюкс [5] для каждого значения H_p и d находятся условные освещенности в люксах, т.е. соответственно e_1, e_2, \dots, e_6 . Значения e в большинстве случаев определяются путем интерполирования между значениями, указанными у ближайших изолюкс.

Если заданные H_p и d выходят за пределы шкал на графиках в ряде случаев возможно обе эти координаты увеличить (уменьшить) в n раз, так чтобы точка оказалась в пределах графика и определенное по графику значение e увеличить (уменьшить) в n^2 раз. При отсутствии изолюкс для данного светильника можно воспользоваться графиком для излучателя, имеющего по всем направлениям силу света 100 кд (рис. 4.3).

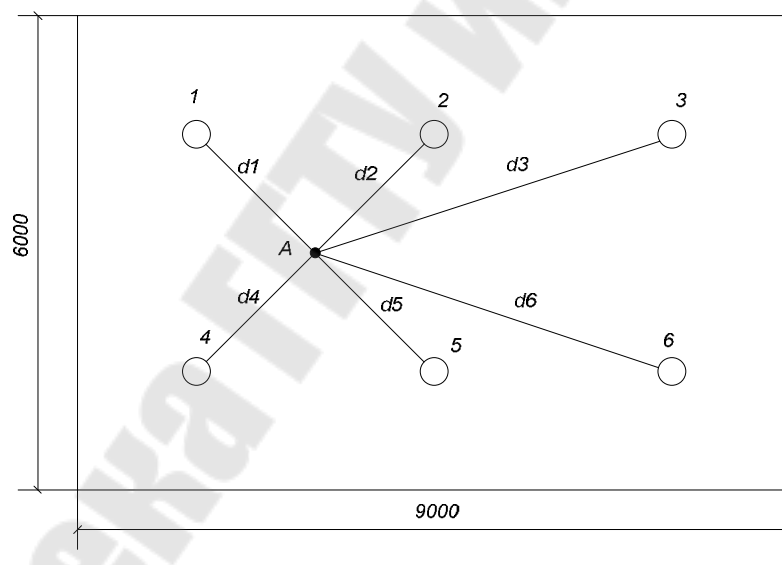


Рис. 4.2. Размещение контрольной точки

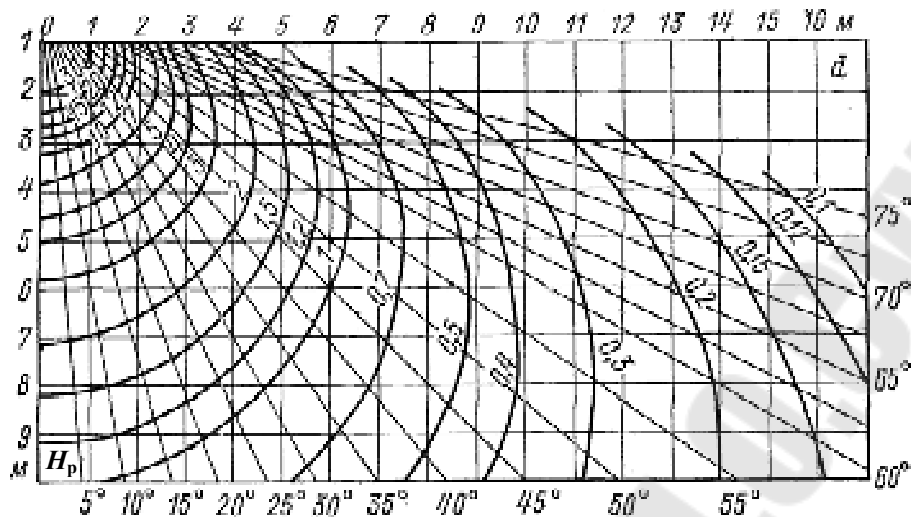


Рис. 4.3. Пространственные изолуки условной горизонтальной освещенности. Сила света светильника по всем направлениям 100 кд

Значение условной освещенности e_{100} определяется по координатам H_p и d , одновременно по радиальным лучам находится значение α и по кривой силы света светильников I_α (табл. 8.11 [6]), тогда

$$e = e_{100} \frac{I_\alpha}{100}; \quad (4.10)$$

г) находится общая условная освещенность контрольной точки:

$$\sum e = e_1 + e_2 + \dots + e_6; \quad (4.11)$$

д) определяется потребный световой поток лампы в одном светильнике по формуле:

$$\hat{O} = \frac{1000 E_{\min} k_3}{\mu \sum e}, \quad (4.12)$$

где E_{\min} – нормируемая освещенность, лк;

k_3 – коэффициент запаса;

μ – коэффициент, учитывающий освещенность от удаленных источников света, принимается равным 1,1...1,2;

е) по полученному расчетному световому потоку выбирают мощность стандартной лампы.

При выборе контрольной точки на вертикальной или наклонной плоскости освещенность ее может быть определена по следующей исходной формуле:

$$E_A = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{H_p^2 k_3} \left(\cos \theta \pm \frac{d}{H_p} \sin \theta \right), \quad (4.13)$$

где I_α – сила света излучателя по направлению т. А (рис. 4.4);
 α – угол между направлением к расчетной точке осью симметрии светильника;
 θ – угол наклона расчетной плоскости по отношению к плоскости, перпендикулярной оси симметрии светильника (горизонтальная плоскость). Знак "-" принимается при условии $\theta > \frac{\pi}{2} + \alpha$.

В частном случае при горизонтальном расположении поверхности $\theta = 0$:

$$E_r = \frac{I_\alpha \cos^3 \alpha}{H_p^2 k_3}. \quad (4.14)$$

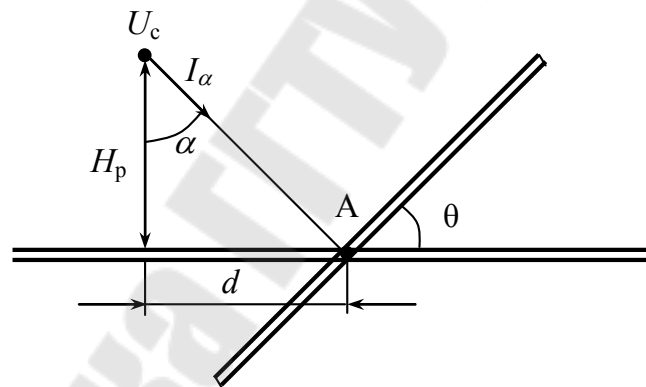


Рис. 4.4. К расчету освещенности от точечного источника света

Освещенность наклонной плоскости, выраженная через освещенность горизонтальной плоскости:

$$E_n = E_r \left(\cos \theta \pm \frac{d}{H_p} \sin \theta \right). \quad (4.15)$$

Освещенность вертикальной поверхности:

$$E_v = E_r \frac{d}{H_p} \quad (4.16)$$

или

$$E_B = E_T \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (4.17)$$

При известной мощности ламп и расположении светильников действительная расчетная освещенность определяется по формуле

$$E_A = \Phi_{\text{л}} \mu \sum e / 1000 k_3 \quad (4.18)$$

Задача 4.7. В помещении план, которого приведен на (рис. 4.5) требуется выполнить расчет мощности ламп точечным методом. Нормируемый уровень освещенности $E_{\min} = 50$ лк и коэффициентом запаса $k_3 = 1,4$. Светильники выбрать с лампами накаливания серии НСП-17. Кривые силы света светильника КСС – Г-1. Высота подвеса светильников $H_p = 5,5$ м. Расстояние между светильниками в ряду – 6 м, между рядами – 8 м.

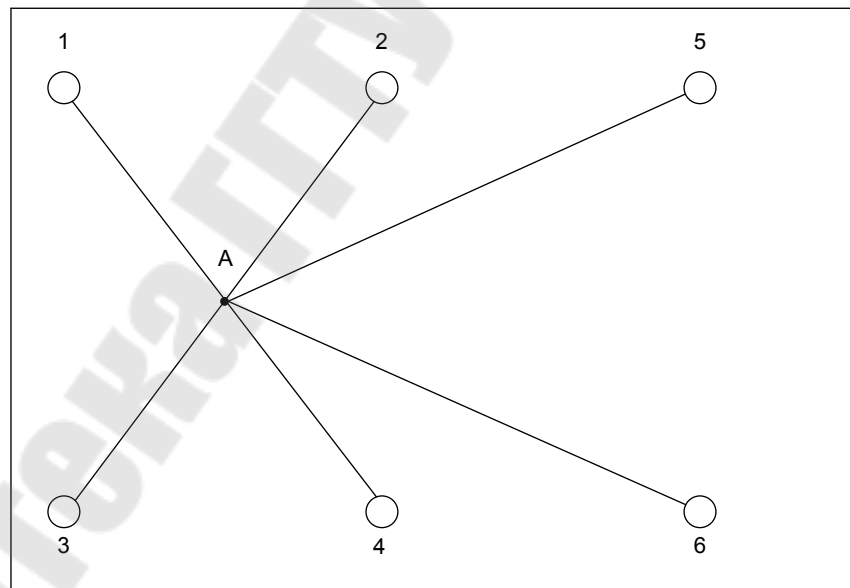


Рис. 4.5. Размещение светильников к задаче 4.7

Решение: Расстояние d определяется за мерами на плане помещения. Расстояние от проекции светильника l на горизонтальную плоскость до точки А:

$$d_{A-1} = \frac{1}{2} \cdot \sqrt{8^2 + 6^2} = 5,0 \text{ м.}$$

Определив проекцию d_{A-1} и зная расчетную высоту H_p , вычисляем $\operatorname{tg} \alpha$ по которому определяем значение угла α :

$$\operatorname{tg} \alpha = d/H_p = 5/5,5 = 0,9; \alpha = 42,3^\circ$$

По табл. 8.11 [6], интерполируя значения силы света для углов 40° и 45° , определим значение силы света $I_\alpha = 283,9$ кд.

Определим освещенность E_{1000} в точке А от светильника I с условной лампой 1000 лм:

$$E_{1000} = I_{\alpha 1000} \cdot \cos^3 \alpha / H_p^2 = 283,9 \cdot 0,739^3 / 5,5^2 = 3,79 \text{ лк.}$$

Светильники 2, 3, 4 находятся на таком же расстоянии от т. А, как и светильник I , поэтому они будут создавать в т. А такую же освещенность, полная освещенность в т. А будет равна их сумме 15,16 лк.

Результаты расчета заносим в таблицу 4.1.

Таблица 4.1

Результаты расчета к задаче 4.7

Контрольная точка	Номер светильника	d , м	α , град.	I_α	Освещенность в точке А	
					от одного светильника	от всех светильников
А	1, 2, 3, 4	5,0	42,3	283,9	3,79	15,16

Определим необходимый световой поток лампы по формуле 6.20, принимая коэффициент $\mu = 1,1$ от удаленных светильников 5, 6.

$$\Phi_{\text{л}} = 50 \cdot 1,4 \cdot 1000 / 1,1 \cdot 15,16 = 4211 \text{ лм.}$$

Такому световому потоку соответствует лампа накаливания мощностью 300 Вт ($\Phi_{\text{л}} = 4850$ лм).

Задача 4.8. Определить фактическую освещенность в контрольной точке А в помещении план, которого приведен на (рис. 4.6). Светотехнический расчет для этого помещения выполнен методом коэффициента использования светового потока при нормируемой ос-

вещности 200 лк. Для освещения применены светильники типа НСП17 с лампами накаливания мощностью 200 Вт.

Решение: Определим расстояние (в метрах) d проекции каждого светильника до точки A . По кривым равной освещенности (изолюксам) для светильника типа НСП17 находим значения условных освещенностей [10] и заносим в табл. 4.2.

Таблица 4.2

Значения условных освещенностей

Номер светильника	Расстояние от проекции d , м	Условная освещенность, лк
1	2,1	15
2	2,1	15
3	4,7	2
4	2,1	15
5	2,1	15
6	4,7	2

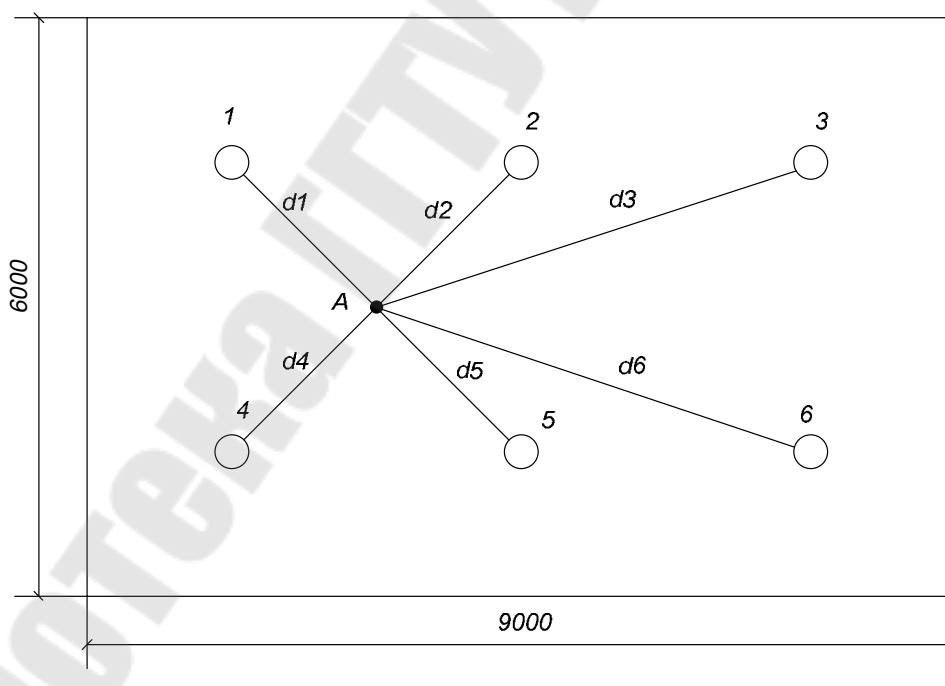


Рис. 4.6. Размещение контрольной точки

Сумма условных освещенностей от светильников 1, ..., 6 для расчетной точки A составит:

$$\sum \dot{a} = 15 + 15 + 2 + 15 + 15 + 2 = 64 \text{ лк}.$$

Определяем действительную расчетную освещенность в т. А по формуле 6.29:

принимая $\mu = 1,1$; коэффициент запаса $\hat{E}_c = 1,3$

$$E_A = 2950 \cdot 1,1 \cdot 64 / 1000 \cdot 1,3 = 159 \text{ лк},$$

т.е. расчетная освещенность намного меньше нормируемой освещенности 200 лк.

5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ

5.1. Разработка схемы питания осветительной установки

В данной курсовой работе в зависимости от варианта задания источником питания (ИП) осветительной установки может быть трансформаторная подстанция (ТП - 10/0,4–0,23) или вводно-распределительное устройство (ВРУ). К ИП присоединяются групповые щитки освещения по радиальной, магистральной схеме или же через магистральный щиток освещения рис. 5.5. Применение магистрального щитка вызвано тем, что при наличии в системе электроснабжения мощной трансформаторной подстанции 400, 630, 1000 кВА, в распределительном устройстве 0,4 кВ таких подстанций может не оказаться аппарата соответствующего номинала по току. Выбор конкретной схемы питания зависит от величины электрической нагрузки освещения, количество и расположение групповых щитков освещения и определяется технико-экономическими показателями, удобством управления и простотой обслуживания.

После определения ИП, от которого предполагается запитывать ОУ по рекомендациям, приведенным, осуществляется формирование групповых линий осветительной сети.

Загрузка фаз в пределах каждого щитка и линии должна быть достаточно равномерной.

С целью обеспечения удобства часто для управления освещением вспомогательных помещений и основного помещения цеха применяются отдельные щитки освещения.

В данной курсовой работе в основном помещении должен быть предусмотрен щиток эвакуационного освещения. В общем случае аварийное освещение должно запитываться от независимого источника питания (от второго трансформатора двухтрансформаторной под-

станции, от первого трансформатора, которой питается рабочее освещение; аналогично от двухсекционного ВРУ, питающегося от независимых ИП; от соседней ТП, отдельностоящей или расположенной в другом цеху). Допускается, в соответствии с [1], эвакуационное освещение в помещениях с естественным светом запитывать от одного источника с рабочим освещением, независимо от сети рабочего освещения, начиная со щита ТП или ВРУ.

При разработке схемы питания ОУ необходимо учесть, что электрическая сеть в соответствии с нормативно-правовой документацией [15], [16] должна быть выполнена по системе заземления типа *TN-S* или *TN-C-S*.

По данному пункту пояснительной записки привести достаточно полное обоснование предлагаемой схемы питания осветительной установки.

Схемы питания электрического освещения должны обеспечивать: необходимую степень надежности электроснабжения; простоту, удобство эксплуатации и управления; экономичность осветительной установки.

Некоторые типовые схемы питания осветительных установок производственных зданий приведены на рис. 5.1...5.6.

Для электроснабжения осветительных установок третьей категории применяются схемы питания (рис. 5.1...5.3).

На рис. 5.1 приведены схемы питания электрического освещения от вводно-распределительного устройства (ВРУ) совместно с силовыми электроприемниками.

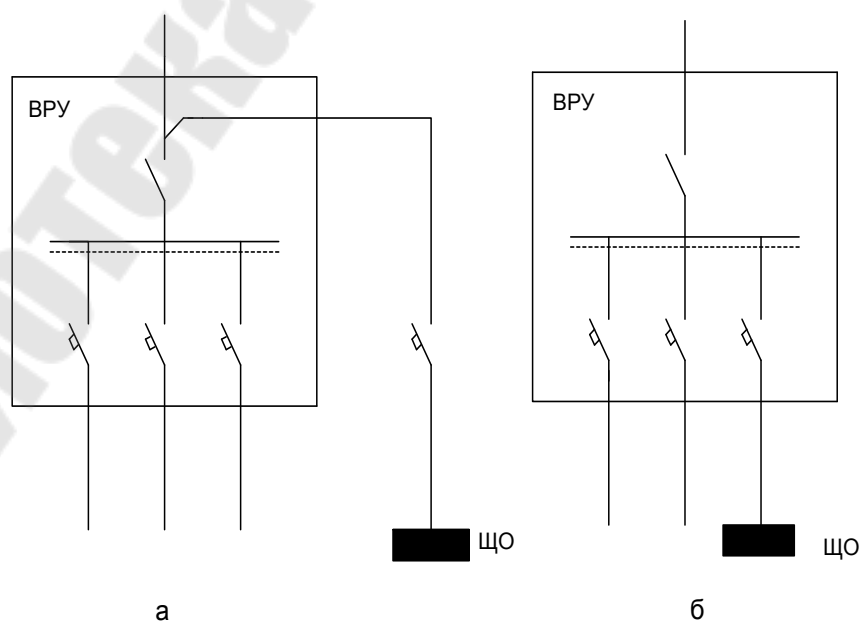


Рис. 5.1. Схема питания электрического освещения от ВРУ

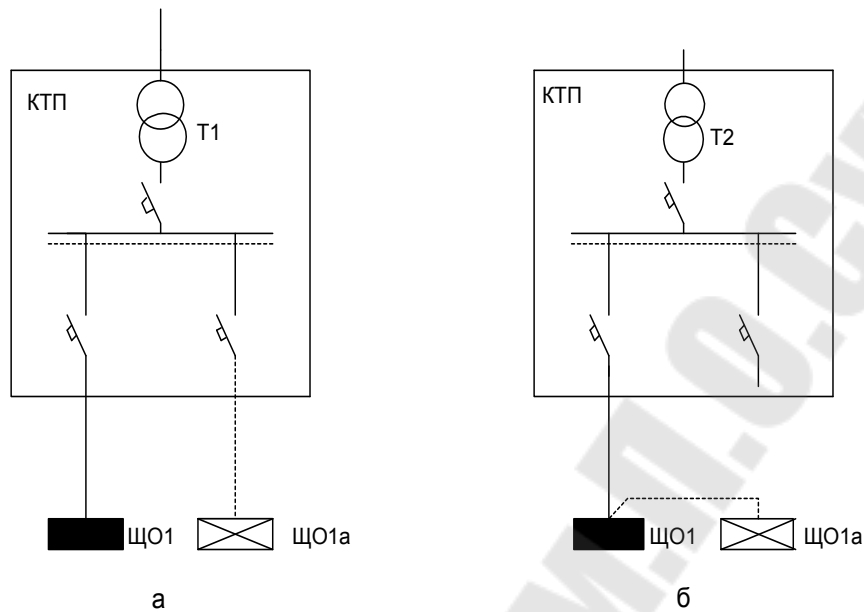


Рис. 5.2. Схема питания освещения от однострансформаторной подстанции

На рис. 5.2 приведены схемы питания рабочего и аварийного освещения от одной однострансформаторной подстанции. Осветительные щитки питаются по отдельным линиям от щита подстанции (рис. 5.2, а) или по общей линии с разделением ее на вводе в здание (рис. 5.2, б).

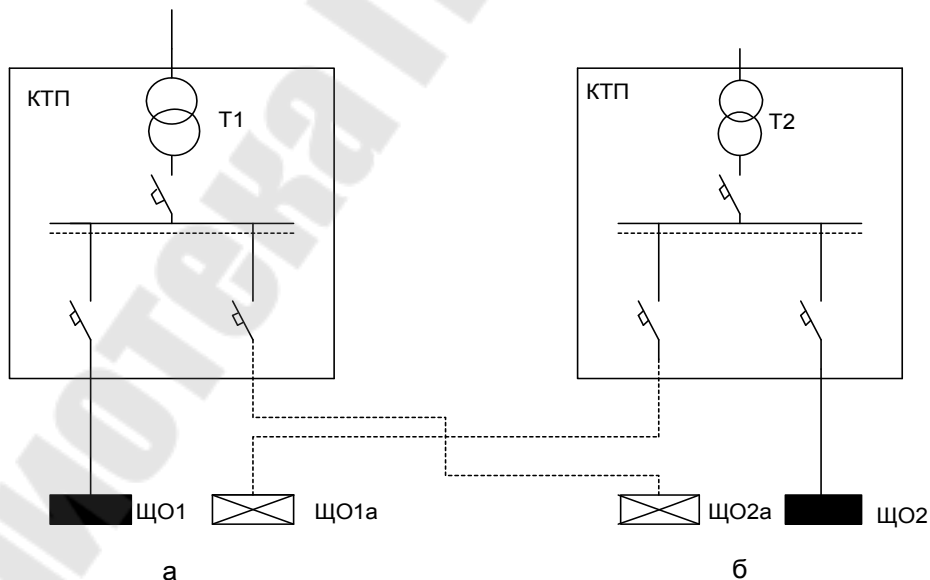


Рис. 5.3. Схема питания электрического освещения от двух однострансформаторных подстанций

Для электрических нагрузок второй категории электроснабже-

ния могут использоваться схемы питания освещения от двух одно- трансформаторных подстанций, причем для рабочего и аварийного освещения используются разные трансформаторы (рис. 5.3).

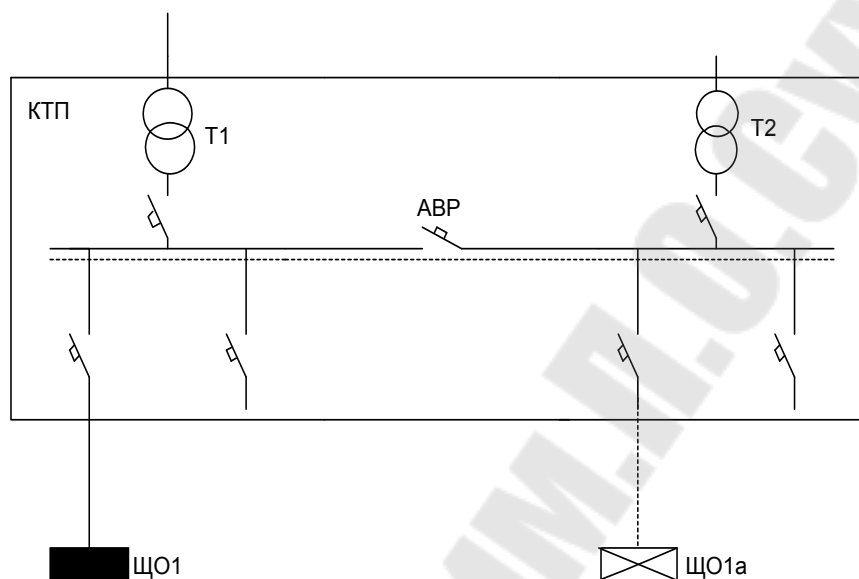


Рис. 5.4. Схема питания электрического освещения от двух трансформаторной подстанции

При наличии в системе электроснабжения здания двух трансформаторных подстанций щитки рабочего и аварийного освещения подключаются от разных трансформаторов (рис.5.4).

В линейных шкафах комплектных трансформаторных подстанций устанавливается определенное количество аппаратов защиты, имеющих большие значения номинальных токов, поэтому устанавливаются магистральные щитки, от которых питаются групповые щитки (рис. 5. 5).

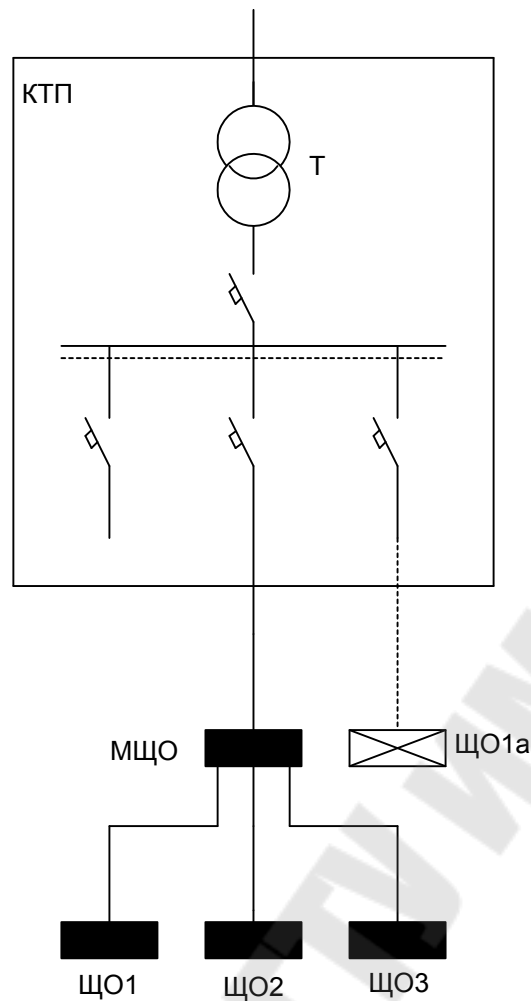


Рис. 5.5. Схема питания групповых щитков от магистрального щитка

Для электроустановок первой категории электроснабжения, в качестве второго источника питания аварийного освещения применяются аккумуляторные батареи, генераторы с дизельными или бензиновыми двигателями, а также используются электрические связи с ближайшими независимыми источниками (рис. 5.6).

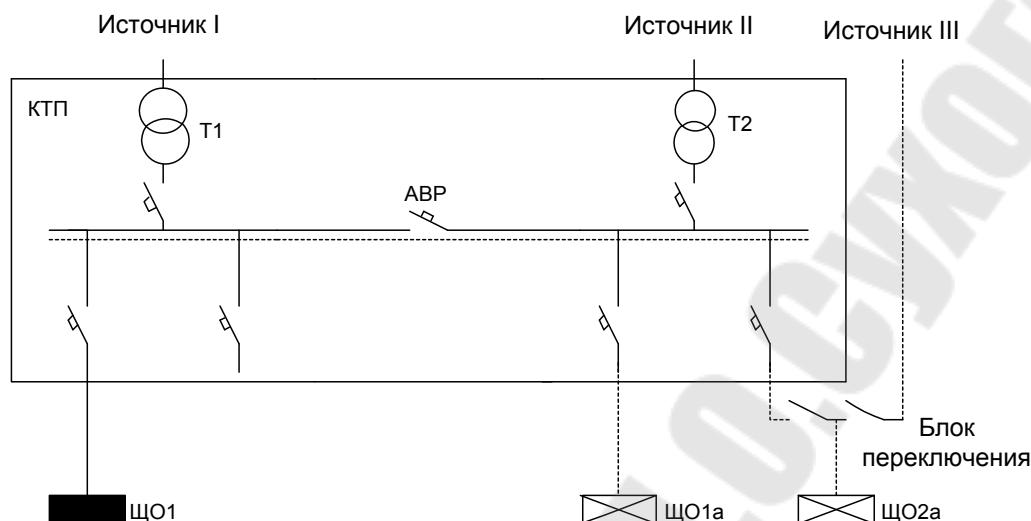


Рис. 5.6. Схема питания электрического освещения от трех источников

Эта схема используется и в качестве третьих независимых источников при питании электроустановок «особой» категории электропитания.

5.2. Выбор типа и определение мест расположения щитков освещения

Щитки освещения должны располагаться:

по возможности ближе к центру питаемых ими нагрузок (это уменьшает протяженность групповой сети, а следовательно и расход проводникового материала);

таким образом, чтобы обеспечивалось удобство управления освещением (у входов; в проходах и т. п.);

чтобы в осветительной сети отсутствовали или имели место минимальные обратные потоки электроэнергии, вызывающие дополнительные потери мощности и энергии, потери напряжения.

Места расположения щитков освещения должны определяться одновременно с разработкой схемы питания осветительной установки, что в совокупности в свою очередь определяет трассу электрической сети.

Необходимо указать места расположения щитков освещения и обосновать выбор этих мест и трассы электрической сети.

Основными факторами, определяющими выбор щитков освещения, являются: количество присоединяемых к ним линий, условия ок-

ружающей среды и способ установки [22].

Наиболее совершенными являются щитки с автоматическими выключателями. Выпускаются они с вводным автоматом или без него, с количеством линейных автоматов от 3 до 30. В щитках могут быть однофазные, трехфазные или совместно одно- и трехфазные линейные автоматические выключатели.

В соответствии с [10], [22] или др. выполнить выбор щитков освещения и в табличной форме привести следующую информацию: условное наименование щитка на плане (ГЩ1, ГЩ2, ..., МЩ1), фактическое количество одно- и трехфазных присоединений, тип щитка, количество одно- и трехфазных автоматов в щитке, тип автоматов, степень защиты, способ установки.

Магистральные и групповые щитки комплектуются аппаратами защиты автоматическими выключателями в однополюсном или в трехполюсном исполнении.

5.3. Определение установленной и расчетной мощности групп светильников осветительной установки

На основании выполненных светотехнических расчетов осветительной установки и выбора ламп определяется установленная мощность осветительной нагрузки.

Установленная мощность ($P_{уст}$) складывается из мощности ламп выбранных для освещения помещений. При подсчете установленной мощности ламп следует суммировать отдельно мощность ламп накаливания ($\sum P_{лн}$), люминесцентных ламп низкого давления ($\sum P_{лл}$), дуговых ртутных ламп высокого давления ($\sum P_{рлвд}$).

Для получения расчетной мощности вводится поправочный коэффициент спроса (\hat{e}_c) к установленной мощности, так как в зависимости от характера производства и назначения помещений часть ламп по разным причинам может быть не включена.

Расчетная нагрузка для ламп накаливания определяется умножением установленной мощности ламп на коэффициент спроса

$$P_{д\hat{e}i} = \sum P_{\hat{e}i} \cdot \hat{e}_c, \quad (5.1)$$

В осветительных установках с разрядными лампами расчетная максимальная мощность включает потери мощности в пускорегули-

рующей – аппаратуре (ПРА) и определяются:

для люминесцентных ламп низкого давления с электромагнитными ПРА

$$P_{\delta \text{ ёё}} = 1,2 \cdot \sum P_{\text{ёё}} \cdot \hat{e}_c ; \quad (5.2)$$

для люминесцентных ламп низкого давления с электронными ПРА и для компактных люминесцентных энергосберегающих ламп

$$P_{\delta \text{ ёё}} = 1,05 \dots 1,08 \cdot \sum P_{\text{ёё}} \cdot \hat{e}_c ; \quad (5.3)$$

для дуговых ртутных ламп ДРЛ, ДРИ

$$P_{\delta \text{ рё ää}} = 1,1 \cdot \sum P_{\text{рё ää}} \cdot \hat{e}_c . \quad (5.4)$$

Значение коэффициента спроса для сети рабочего освещения производственных зданий равно:

1,0 – для мелких производственных зданий;

0,95 – для зданий, состоящих из отдельных крупных пролетов;

0,85 – для зданий, состоящих из малых отдельных помещений;

0,8 – для административно-бытовых и лабораторных зданий промышленных предприятий;

0,6 – для складских зданий, состоящих из многих отдельных помещений.

Коэффициент спроса для расчета сети аварийного и эвакуационного освещения следует принимать равным 1,0.

Расчетная нагрузка от понижающих трансформаторов с вторичным напряжением 12, 24, 36, 42 В складывается из осветительных приборов, установленных стационарно и нагрузки переносного освещения исходя из мощности одного ручного осветительного прибора 40 Вт с коэффициентом спроса 0,5...1,0, принимаемым в зависимости от степени использования переносного освещения.

5.4. Выбор марки проводов, кабелей, способов прокладки и расчет сечения жил

Осветительные сети выполняют проводами и кабелями с алюминиевыми и медными жилами различными способами электрической проводки.

Способы выполнения электрической проводки должны обеспечивать:

надежность, которая достигается соответствием условиям сре-

ды, механической прочностью жил проводов и кабелей, защитой от внешних механических повреждений;

безопасность в отношении пожара, взрыва, поражения электрическим током;

индустриализацию выполнения монтажных работ;

экономии черных и цветных металлов;

экономичность (наименьшую стоимость) удобство эксплуатации (доступность, ремонтпригодность);

требование эстетики (не нарушая эстетики архитектуры помещений).

Для выполнения электрической проводки применяются провода и кабели преимущественно с алюминиевыми жилами. Применение медных жил проводов и кабелей ограничено [1] и применяются во взрывоопасных помещениях классов В-1 и В-1а и помещениях со средой агрессивной к алюминию, а также для зарядки светильников и подключения переносных осветительных приборов.

Для выполнения электрической проводки сети освещения широкое распространение получили провода и кабели следующих марок:

АППВ, ППВ (АППВС, ППВС) – плоские двух- трехжильные провода для скрытой несменяемой проводки уже не применяются на основании требований [13]. Допускается прокладывать в трубах, коробах и на изоляторах. Для скрытой прокладки под штукатуркой, в бетоне, в кирпичной кладке, в пустотах строительных конструкций, а также открыто по поверхности стен и потолков на лотках, на тросах и других конструкциях должны применяться изолированные провода с защитной оболочкой или кабели;

АВТ, АВТУ, АВТВ, АВТВУ – тросовые трех- четырехжильные провода с половинилхлоридной изоляцией жил, содержащие в своей конструкции несущий стальной трос;

ПРКА – нагревостойкие провода с медными жилами для зарядки светильников;

ПУНП – многожильные провода с медными жилами с поливинилхлоридной изоляцией в оболочке.

В осветительных сетях широко применяются кабели с алюминиевыми и медными жилами марки:

АВВГ, ВВГ – кабели с поливинилхлоридной изоляцией и оболочкой;

АВРГ, ВРГ – кабель с поливинилхлоридной оболочкой и резиновой изоляцией;

АВВГнг, ВВГнг – кабели с поливинилхлоридной негорючей изоляцией;

АПВВГ, ПвВГ – кабели с изоляцией из сшитого полиэтилена

Способ прокладки проводов и кабелей сети электрического освещения зависит от характеристики помещений по условиям среды.

Для сети электрического освещения производственных, административно-бытовых, общественных и жилых зданий применяются открытые и скрытые электропроводки.

В производственных зданиях применяются открытые электропроводки. Открытые электропроводки прокладываются по поверхностям стен, потолков, по фермам и другим строительным элементам зданий.

Открытые электропроводки в осветительных сетях выполняются следующими основными способами:

непосредственно по строительным основаниям (с креплением скобами или с помощью монтажно-строительного пистолета пристреливаются стальные полосы, на которые бандажом закрепляются провода и кабели);

прокладка на лотках и в коробах;

тросовые проводки, выполняемые проводами и кабелями, закрепляемые и подвешиваемые на тросе или тросовыми проводами;

проводки в стальных и пластмассовых трубах;

применение осветительных шинопроводов.

Скрытые электропроводки преимущественно применяются в административно-бытовых, общественных и жилых зданиях следующими основными способами:

прокладка проводов в каналах и пустотах строительных оснований, под слоем штукатурки;

проводами в трубах, проложенных в подготовке полов, в монолитных перекрытиях, стенах и перегородках, полостях за подвесными потолками.

Основными факторами, определяющими выбор способов прокладки проводов и кабелей являются: условия окружающей среды, наличие соответствующих строительных конструкций (плит перекрытия, ферм и т. д.), возможность применения промышленных способов монтажа (способы обеспечивающие скоростной монтаж), технико-экономические и эстетические соображения.

Для конкретного выбора способа прокладки проводов и кабелей можно использовать следующую литературу: [1], [22], [10], [12].

В связи с вводом с 2003 г. в действие ГОСТ 30331.15–2001 [3] следует учесть, что изолированные провода допускается прокладывать только в трубах, коробах и на изоляторах. Не допускается прокладывать изолированные провода скрыто под штукатуркой, в бетоне, в кирпичной кладке, в пустотах строительных конструкций, а также открыто по поверхности стен и потолков, на лотках, на тросах и других конструкциях. В этом случае должны применяться изолированные провода с защитной оболочкой или кабели.

Результаты выбора проводов, кабелей и способов их прокладки оформить в табличной форме со следующей информацией: наименование участка (ВРУ-ГЩ1, ЩО-ГР1 и т. д.), марки провода или кабеля, сечение (эта графа заполняется после выполнения следующего пункта пояснительной записки – расчета осветительной сети), способ прокладки.

Расчет электрической сети освещения выполняется одновременно с выбором марки проводов и кабелей и способ их прокладки.

Выбор сечений проводов и кабелей в соответствии с [1] должен выполняться по механической прочности, по допустимому нагреву длительным током, по допустимой потере напряжения [22]. Выбранное сечение проводника должно быть согласовано с током расцепителя защитного аппарата.

Необходимость применения заземления электрической сети типа *TN-S* или *TN-C-S* [15], [16] определяет в свою очередь правильный выбор нулевых рабочих (*N*), защитных (*PE*) и совмещенных нулевых рабочих и защитных (*PEN*) проводников [22], [15], [4].

Выбор сечений проводов по механической прочности

По механической прочности расчет проводов и кабелей внутренних электрических сетей не производится. В практике проектирования электрических сетей соблюдают установленные в [13] минимальные сечения жил проводов по механической прочности. Минимальное сечение для жил проводов и кабелей устанавливается:

для медных жил – не менее $1,5 \text{ мм}^2$;

для алюминиевых жил – не менее $2,5 \text{ мм}^2$.

Выбор сечений проводов по нагреву

Электрический ток нагрузки, протекая по проводнику, нагревает его. Нормами [1] установлены наибольшие допустимые температуры нагрева жил проводов и кабелей. Исходя, из этого определены длительно допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей в зави-

симости от материала их изоляции, оболочки и условий прокладки.

Сечение жил проводов и кабелей для сети освещения можно определить по таблице 5.6...5.9 в зависимости от расчетного длительно-го значения токовой нагрузки при нормальных условиях прокладки по условию

$$I_{\text{д.д.д.}} \geq I_p / \hat{E}_i \quad (5.5)$$

где $I_{\text{д.д.д.}}$ – допустимый ток на стандартное сечение провода, А (длительно допустимые токовые нагрузки на провода и кабели приведены в табл. 5.6...5.9;

I_p – расчетное значение длительного тока нагрузки, А;

$K_{\text{п}}$ – поправочный коэффициент на условия прокладки можно определить по табл. 5.1 (при нормальных условиях прокладки $K_{\text{п}} = 1$).

Таблица 5.1

Поправочные коэффициенты на токовые нагрузки проводников в зависимости от температуры окружающей среды

Проводники		Провода и кабели с резиновой и пластмассовой изоляцией при прокладке	
		по воздуху	в земле
Расчетная температура среды, °С		25	15
Поправочные коэффициенты при фактической температуре среды, °С	-5	1,29	1,18
	0	1,24	1,14
	+5	1,20	1,10
	+10	1,15	1,05
	+15	1,11	1,00
	+20	1,05	0,95
	+25	1,00	0,89
	+30	0,94	0,84
	+35	0,88	0,77
	+40	0,81	0,71

Для выбора сечений проводов и кабелей по допустимому нагреву необходимо определить расчетные токовые нагрузки линий в амперах.

Расчетные максимальные токовые нагрузки определяют по формулам:

– для однофазной сети

$$I_p = \frac{D_\delta}{U_a \tilde{n} i_s \varphi} \quad (5.6)$$

– для трехфазной (четырёхпроводной) сети

$$I_p = \frac{D_\delta}{\sqrt{3} U_\varepsilon \tilde{n} i_s \varphi} \quad (5.7)$$

– для двухфазной с нулем, при равномерной загрузке фаз

$$I_p = \frac{D_\delta}{2 U_a \tilde{n} i_s \varphi} \quad (5.8)$$

Коэффициент мощности ($\cos \varphi$) следует принимать:

1,0 – для ламп накаливания;

0,85 – для одноламповых светильников с люминесцентными лампами низкого давления с ЭмПРА;

0,97...0,98 – для светильников с люминесцентными лампами низкого давления с ЭПРА;

0,5 – для светильников с разрядными лампами высокого давления с ПРА без конденсатора;

0,85 – для светильников с разрядными лампами высокого давления, имеющими ПРА с конденсатором;

0,96...0,98 – для светильников с индукционными лампами;

0,96...0,98 – для светильников со светодиодными источниками света.

Задача 5.1. Рассчитать сечение жил и выбрать провод для прокладки групповой сети электроосвещения в помещении с нормальными условиями окружающей среды. Электрическая сеть однофазная трехпроводная напряжением 220 В. Провода прокладываются открыто. Групповая линия состоит из девяти ламп накаливания мощностью 9×200 Вт.

Коэффициент спроса освещения $k_c = 1$.

Решение: Определим расчетную мощность

$$P_p = \sum P_{л};$$

$$P_p = 9 \times 200 = 1800 \text{ Вт}.$$

Определим расчетный ток

$$I_p = 1800/220 = 8,18 \text{ А}.$$

По механической порочности установлено минимальное сечение алюминиевых жил проводов и составляет $2,5 \text{ мм}^2$.

Из табл. 5.8 выбираем провод с алюминиевыми жилами сечением $2,5 \text{ мм}^2$ имеющего длительный допустимый ток 20 А .

Подставим в условие 6.42

$$20 \text{ А} > 8,18 \text{ А} .$$

Выбранное сечение удовлетворяет условию, следовательно, выбираем провод с алюминиевыми жилами марки АППВ $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$, который прокладывается в пластмассовом коробе.

Расчет сети по потере напряжения.

Располагаемая (допустимая) потеря напряжения в осветительной сети, т.е. потеря напряжения в линии от источника питания (шин $0,4 \text{ кВ}$ КТП) до последней лампы в ряду, подсчитывается по формуле

$$\Delta U_{\text{дон}} = U_{\text{хх}} - U_{\text{max}} - \Delta U_{\text{т}}, \quad (5.9)$$

где $U_{\text{хх}}$ – напряжение холостого хода на вторичной стороне $0,4 \text{ кВ}$ трансформатора, % (принимается равным 105%);

U_{max} – наименьшее напряжение, допускаемое на зажимах источника света, % (принимается равным 95%);

$\Delta U_{\text{т}}$ – потери напряжения в силовом трансформаторе, приведенные к вторичному номинальному напряжению и зависящие от мощности трансформатора, его загрузки β и коэффициента мощности нагрузки, %.

Потери напряжения в трансформаторе можно определить по табл. 5.2, или по выражению

$$\Delta U_{\text{т}} = \beta(U_{\text{а}} \cdot \cos \varphi + U_{\text{р}} \cdot \sin \varphi), \quad (5.10)$$

где β – коэффициент загрузки трансформатора;

$U_{\text{а}}$ и $U_{\text{р}}$ – активная и реактивная составляющие напряжения короткого замыкания трансформатора, которые определяются следующими выражениями:

$$U_{\text{а}} = \frac{\Delta \mathcal{E}_{\text{с.с.}}}{S_{\text{iii}}} 100, \quad (5.11)$$

$$U_{\text{р}} = \sqrt{U_{\text{к}}^2 - U_{\text{а}}^2}, \quad (5.12)$$

где $P_{к.з.}$ – потери короткого замыкания, кВт;

$P_{НОМ}$ – номинальная мощность трансформатора, кВ·А;

$U_{к}$ – напряжение короткого замыкания, %.

Значения $P_{к}$ и $U_{к}$ можно определить по таблице 5.3, а более точные значения приводятся в каталогах на трансформаторы.

Таблица 5.2

Потери напряжения в трансформаторах

Мощность трансформатора, кВ·А	Потери напряжения в трансформаторах ΔU_T , при различных значениях коэффициента мощности и коэффициенте загрузки $\beta = 1^*$					
	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
160	1,7	3,3	3,8	4,1	4,3	4,4
250	1,5	3,2	3,7	4,1	4,3	4,4
400	1,4	3,1	3,7	4,0	4,2	4,4
630	1,2	3,4	4,1	4,6	4,9	5,2
1000	1,1	3,3	4,1	4,6	5,0	5,2
1600, 2500	1,0	3,3	4,1	4,5	4,9	5,2

* Для определения ΔU_T его значение, найденное по таблице, следует умножить на фактическое значение коэффициента загрузки β

Таблица 5.3

Значения $P_{к}$ и $U_{к}$.

Мощность трансформатора, кВ·А	160	250	400	630	1000	1600	2500
Потери, кВт	P_{xx}	0,73	1,05	1,45	2,27	3,3	6,2
	$P_{к}$	2,65	3,7	5,5	7,6	11,6	23,5
Напряжение, $U_{к}$ %	4,5	4,5	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5

Потери напряжения при заданном значении сечения проводов можно определить по выражению

$$\Delta U = M/C \cdot S, \quad (5.13)$$

и, наоборот, при заданном значении потери напряжения можно определить сечение провода

$$S = M/C \cdot \Delta U, \quad (5.14)$$

где M – момент нагрузки, кВт·м;

C – коэффициент, зависящий от материала провода и напряжения сети (определяется по табл. 5.4).

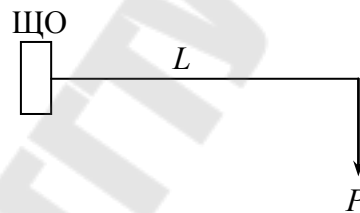
Значение коэффициента C

Номинальное напряжение сети, В	Система сети, род тока	Коэффициент C проводов	
		медных	алюминиевых
380/220	Трехфазная с нулем	72,4	44
380/220	Двухфазная с нулем	32,1	19,6
220	Однофазная с нулем	12,1	7,4
42	Двухпроводная, переменного и постоянного тока	0,4	0,244
24		0,324	0,198
12		0,036	0,022

Метод определения момента нагрузки выбирается в зависимости от конфигурации сети освещения:

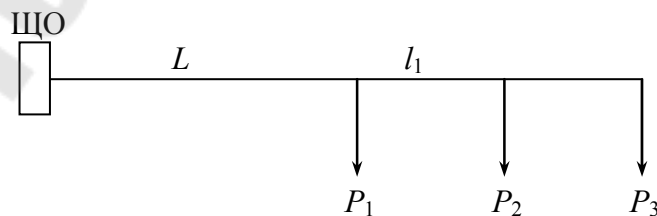
– в простом случае (рис. 5.7, а) момент определяется как произведение мощности ламп на длину участка сети

$$M = P_p \cdot L; \quad (5.15)$$



а)

– в проектной практике осветительная сеть имеет более сложную конфигурацию (рис. 5.7, б), тогда момент нагрузки можно определить по выражению



б)

$$M = P_1 \cdot L + P_2 \cdot (L + L_1) + P_3 \cdot (L + L_1 + L_2) = \\ = L \cdot (P_1 + P_2 + P_3) + L_1 \cdot (P_2 + P_3) + L_2 \cdot P_3 \quad (5.16)$$

для сети с равномерно распределенной нагрузкой (рис. 5.7, в) момент нагрузки определяется, как произведение мощности ламп на половину длины групповой линии [6].

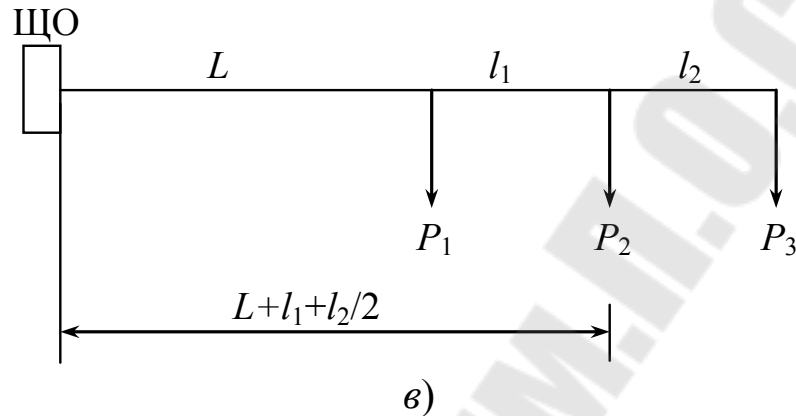


Рис. 5.7. Конфигурация сети освещения: а – простая сеть; б – сложная сеть с неравномерно распределенной нагрузкой; в – сложная сеть с равномерно распределенной нагрузкой

$$M = \sum P_p \cdot L + (L_1 + L_2) / 2, \quad (5.17)$$

где L – длина участка сети от группового щитка до первого светильника в ряду, м.

Для сети более сложной конфигурации, когда участки сети имеют разное количество фазных проводов, определяется приведенный момент по выражению

$$M_{\text{и}0} = \sum \dot{I} + \alpha \sum m, \quad (5.18)$$

где $\sum \dot{I}$ – сумма моментов данного и всех последующих по направлению тока участков с тем же числом проводов в линии, что и на данном участке;

$\sum m$ – сумма моментов питаемых через данный участок линии с иным числом проводов, чем на данном участке;

α – коэффициент приведения моментов (определяется по табл. 5.5).

Таблица 5.5

Значение коэффициентов приведения моментов

Линия	Ответвление	Коэффициент приведения моментов, α
Трехфазное с нулем	Однофазное	1,85
Трехфазное с нулем	Двухфазное с нулем	1,39
Двухфазное с нулем	Однофазное	1,33
Трехфазная без нуля	Двухпроводное	1,15

Расчет сети на наименьший расход проводникового материала ведется по формуле

$$S = \sum M + \alpha \sum m/C \cdot \Delta U_p, \quad (5.19)$$

где ΔU_p – расчетные потери напряжения, %, допустимые от начала данного участка до конца сети.

По формуле 5.19 последовательно определяются сечения на всех участках сети освещения, начиная от участка ближайшего к источнику питания, и округляются до ближайшего большего значения стандартного ряда. По выбранному сечению данного участка определяются потери напряжения в нем. Последующие участки сети рассчитываются по разности между расчетной потерей напряжения и потерями до начала каждого участка.

Задача 5.2. Определить момент нагрузки для групповой сети электроосвещения (рис. 5.8) и выбрать сечение проводов, при условии, что допустимая потеря напряжения (ΔU_p) для группового щитка ЩО равна 2,5 %.

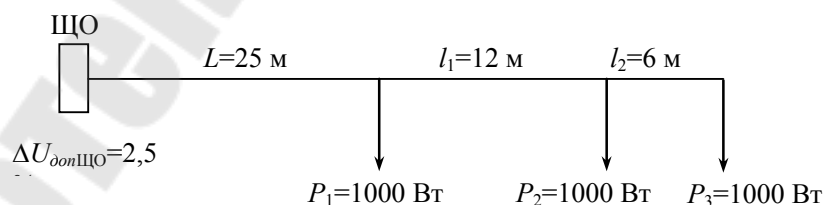


Рис. 5.8. Схема к задаче 5.2

Решение: Определим момент нагрузки по формуле 5.17.

$$\begin{aligned} M &= 25 \cdot (1000 + 1000 + 1000) + 12 \cdot (1000 + 1000) + 6 \cdot 1000 = \\ &= (75 + 24 + 6) \cdot 1000 = 105 \text{ ê\AA} \cdot \text{ì}. \end{aligned}$$

Определим сечение провода по формуле 6.45.

$$S = 105/44 \cdot 2,5 = 0,95 \text{ ì}^2.$$

Ближайшее большее стандартное сечение жил $2,5 \text{ мм}^2$, следовательно для подключения ряда светильников удовлетворяет пятижильный кабель сечением $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$.

Задача 5.3. Определить сечение жил кабелей на участках от КТП до МЩ1 и от МЩ1 до ЩО1 (рис. 5.9). Мощность трансформатора КТП 250 кВ·А, коэффициент загрузки 0,8.

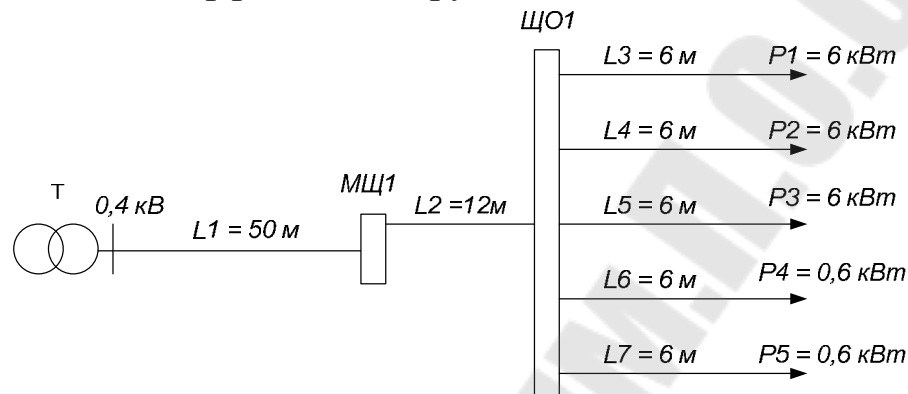


Рис. 5.9. Схема к задаче 5.3

Решение: Определим потерю напряжения в трансформаторе по табл. 5.2 $\Delta U_{\delta} = 3,7 \%$.

Располагаемую допустимую потерю напряжения определим по формуле 5.9

$$\Delta U_{\text{доп}} = 105 - 95 - 3,7 = 6,3 \%$$

Определим момент нагрузки M_1 и M_2 :

$$M_1 = L_1 \cdot P_{1-5} = 50 \cdot 19,2 = 960 \text{ кВт} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = L_2 \cdot P_{1-5} = 12 \cdot 19,2 = 230,4 \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

Приведенный момент

$$\begin{aligned} M_{\text{пр}} L_1 &= M_1 + M_2 + \alpha(m_6 + m_7) = \\ &= 960 + 230,4 + 1,85 \cdot (3,6 + 3,6) = 1203,7 \text{ кВт} \cdot \text{м}. \end{aligned}$$

Определить сечение жил кабеля на участке L_1 :

$$S = 1203,4 / 44 \cdot 6,3 = 4,34 \text{ мм}^2.$$

Принимаем кабель от трансформатора КТП до МЩ сечением $5 \times 10 \text{ мм}^2$.

Фактическая потеря напряжения на участке L_1 составит

$$\Delta U_{\delta} = 1203,7/44 \cdot 10 = 2,7 \% .$$

Располагаемые потери напряжения для последующего участка сети от МЦ1 до ЦО1 составят

$$\Delta U = 6,3 - 2,7 = 3,6 \% .$$

Для определения сечения жил кабеля на втором участке L_2 определим приведенный момент $M_{\text{пр}} L_2$:

$$M_{\text{пр}} L_2 = 230,4 + 1,85 \cdot 7,2 = 243,72 \text{ ê\AA\`o\`i } ;$$

$$S = 243,72/44 \cdot 3,6 = 1,5 \text{ ì } ^2 .$$

Выбираем кабель сечением $5 \times 6 \text{ ì } ^2$:

$$\Delta U_{\delta} = 243,72/44 \cdot 6 = 0,9 \% .$$

Располагаемая потеря напряжения для групповой сети составляет

$$\Delta U_{\text{ãï}} = 3,6 - 0,9 = 2,7 \% .$$

Длительные допустимые токовые нагрузки для проводов и кабелей с медными и алюминиевыми жилами приведены в таблицах 5.6...5.9.

Таблица 5.6

Длительные допустимые токовые нагрузки для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в резиновой, поливинилхлоридной, свинцовой оболочке бронированных и небронированных

Сечение жил, мм ²	Длительно допустимый ток, А				
	одножилные в воздухе	двухжильных		трехжильных	
		в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4,0	31	29	42	27	38
6,0	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295

Таблица 5.7

Длительный допустимый ток для кабелей с медными жилами в поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов и кабелей при прокладке в воздухе		
	одножильных	двухжильных	трехжильных
1,5	23	19	19
2,5	30	27	25
4,0	41	38	35
6,0	50	50	42
10	80	70	55
16	100	90	75
25	140	115	95
35	170	140	120
50	215	175	145

Таблица 5.8

Длительные допустимые токовые нагрузки для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией с алюминиевыми жилами

Сечение жил, мм ²	Длительный допустимый ток, А для проводов проложенных в трубе					
	открыто	два одножильных	три одножильных	четыре одножильных	двухжильный	трехжильный
2,0	21	19	18	15	17	14
2,5	24	20	19	19	19	16
3,0	27	24	22	21	22	18
4,0	32	28	28	23	25	21
5,0	36	32	30	27	28	24
6,0	39	36	32	30	31	28
8,0	46	43	40	37	38	32
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	230	200	230	190

Таблица 5.9

Длительно допустимый ток для проводов и шнуров с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с медными жилами

Сечение жил, мм ²	Ток, А, для проводов проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четыре одножильных	одного двухжильного	одного трехжильного
1,5	23	19	17	16	18	15
2,5	30	27	25	25	25	21
4	4	38	35	30	32	27
6	50	46	42	40	40	34
10	80	70	60	50	55	50
16	100	85	80	75	80	70
25	140	115	100	90	100	85
35	170	135	125	115	125	100
50	215	185	170	150	160	135
70	270	225	210	185	195	175

5.5. Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей

Осветительные сети должны иметь защиту от токов короткого замыкания (КЗ), а в некоторых случаях также от перегрузки [1].

Защите от перегрузки подлежат сети:

внутри помещений, проложенные открыто незащищенными изолированными проводниками и с горючей оболочкой;

внутри помещений, проложенные защищенными проводниками в трубах, в негорючих строительных конструкциях и т. п.;

осветительные в жилых, общественных и торговых помещениях, служебно-бытовых помещениях промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных производственных помещениях;

всех видов во взрывоопасных наружных установках независимо от условий технологического процесса или режима работы сети.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузки и защищаются только от токов короткого замыкания.

Аппараты, установленные для защиты от коротких замыканий и перегрузки, должны быть выбраны так, чтобы номинальный ток каждого из них $I_{номз.а}$ был не менее расчетного тока I_p , рассматриваемого участка сети:

$$I_{\text{ном з.а}} \geq I_{\text{расч}}, \quad (5.20)$$

где $I_{\text{расч}}$ – расчетный ток рассматриваемого участка сети, А.

Осуществляется защита осветительных сетей аппаратами защиты – плавкими предохранителями или автоматическими выключателями, которые отключают защищаемую электрическую сеть при ненормальных режимах.

Для защиты осветительных сетей промышленных, общественных, жилых этажных зданий наибольшее распространение получили однополюсные и трехполюсные автоматические выключатели с расцепителями, имеющие обратно зависимую от тока характеристику, у которых с возрастанием тока время отключения уменьшается.

Аппараты защиты, защищающие электрическую сеть от токов КЗ должны обеспечивать отключение аварийного участка с наименьшим временем с соблюдением требований селективности. Для обеспечения селективности защит участков электрической сети номинальные токи аппаратов защиты (ток плавких вставок предохранителей или токи уставок автоматических выключателей) каждого последующего по направлению к источнику питания следует принимать выше не менее чем на две ступени, чем предыдущего, если это не приводит к завышению проводов. Разница не менее чем на одну ступень обязательна при всех случаях.

Таблица 5.10

Кратности допустимых токовых нагрузок на провода и кабели по отношению к номинальным токам или токам срабатывания защиты

Провод, кабель	Защитный аппарат	Коэффициент защиты
Провода и кабели с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией	Номинальный ток плавкой вставки, А	1,0
	Ток уставки расцепителя, А	1,0
Провода всех марок	Ток уставки расцепителя, А	1,0
Провода и кабели с поливинилхлоридной и резиновой изоляцией, прокладываемые во взрывоопасных помещениях	Номинальный ток плавкой вставки, А	1,25
	Ток уставки расцепителя, А	1,0

Номинальные токи уставок автоматических выключателей и плавких вставок предохранителей следует выбирать по возможности наименьшими по расчетным токам защищаемых участков сети, при

этом должно соблюдаться соотношение между наибольшими допустимыми токами проводов I_n и номинальными токами аппаратов защиты I_3 (табл. 5.10).

$$I_n \geq \frac{k_3 I_3}{k_n}, \quad (5.21)$$

где k_3 – коэффициент защиты, определяется по таблице 5.10.

Устанавливаются аппараты защиты плавкие предохранители и автоматические выключатели в металлических щитках, которые следует устанавливать:

в местах присоединения сети к источнику питания (распределительные щиты КТП, вводно-распределительные устройства, распределительные пункты, магистральные шинопроводы);

на водах в зданиях;

в начале каждой групповой линии;

в местах уменьшения сечения проводов по направлению к электроприемникам;

со стороны высшего напряжения понижающих трансформаторов;

со стороны низшего напряжения понижающих трансформаторов.

Аппараты защиты должны устанавливаться в цепи следующих проводов:

при защите сетей предохранителями они должны устанавливаться во всех нормально незаземленных полюсах или фазах (установка предохранителей в нулевом рабочем проводе запрещена);

при защите сетей с глухозаземленной нейтралью автоматическими выключателями их расцепители должны устанавливаться во всех нормально незаземленных проводах;

в однофазных двухпроводных линиях во взрывоопасных зонах класса В-1 расцепители автоматических выключателей должны устанавливаться в цепи фазного и нулевого рабочего проводов, при этом для одновременного отключения фазного и нулевого проводов

должны применяться двухполюсные автоматические выключатели,

Номинальный ток аппаратов защиты (расцепители автоматических выключателей и плавкие вставки предохранителей) для групповых линий внутреннего освещения должен быть не более 25 А, а

групповые линии, питающие разрядные лампы мощностью 125 Вт и более, лампы накаливания на напряжение до 50 В любой мощности и лампы накаливания напряжением выше 50 В мощностью 500 Вт и более могут защищаться аппаратами защиты на ток до 63 А.

Задача 5.4. Осветительная сеть выполнена кабелем марки АВВГ сечением $3 \times 2,5 \text{ мм}^2$. Ток длительный допустимый для кабеля, проложенного открыто составляет 20 А. Выбрать автоматический выключатель для защиты сети от коротких замыканий по условию соответствия сечения кабеля току срабатывания расцепителя выключателя.

Решение: По техническим данным на аппараты защиты (табл. 5.13) выбираем автоматический выключатель серии ВА 51-31 100 с номинальным током расцепителя 16 А. Так как этот участок сети не требуется защищать от перегрузки и кабель проложен в нормальных условиях, то кратность защиты $k_z = 1$ и поправочный коэффициент $k_{\text{п}} = 1,0$, тогда подставив значения длительного допустимого тока провода и номинальный ток расцепителя автоматического выключателя в условие 5.21 получим

$$20 \text{ А} > 16 \text{ А} .$$

Условие соблюдается, следовательно, выбираем однополюсный автоматический выключатель серии ВА51-31-1 100/16 А.

Задача 5.5. Для сети освещения, схема которой приведена на рис. 5.10 рассчитать параметры и выбрать автоматические выключатели серии ВА в питающей и групповых линиях.

Рассчитать сечение и выбрать марку кабеля на каждом участке сети по допустимому нагреву. Сечение кабеля согласовать с током расцепителя аппарата защиты. Предполагается электрическую проводку осветительной сети проложить в административно-бытовом помещении предприятия. Коэффициент спроса осветительной нагрузки принять равным 0,8.

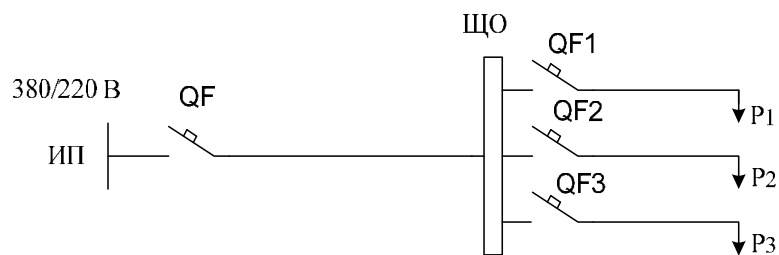


Рис. 5.10. Схема к задаче 5.5

Электрические нагрузки групповых линий представлены в табл. 5.11.

Таблица 5.11

Электрические нагрузки групповых линий освещения

Обозначение на схеме	Тип ламп	Установленная мощность, кВт	Коэффициент мощности, $\cos\varphi$	Потери в ПРА, $k_{ПРА}$
P ₁	ЛН	1,0	1,0	-
P ₂	ЛЛ	1,44	0,98	1,05
P ₃	ДРИ	2,5	0,85	1,1

Решение: Рассчитаем ток в каждой групповой линии по формуле:

$$I_p = \frac{D_{\delta}}{U_{ин} \cdot \eta \cdot \cos \varphi};$$

$$I_{p1} = \frac{1,0}{0,22 \cdot 1,0} = 4,5 \text{ А.}$$

Для остальных групп расчет аналогичный. Результаты расчета представлены в табл. 5.12.

Таблица 5.12.

Результаты расчета осветительной сети

Номер группы	Расчетная мощность, кВт	Расчетный ток, А	Кол. х сечение жил, мм ²	Длительный допустимый ток, А	Тип автоматического выключателя	Ток расцепителя, А
1	1,0	4,5	3x1,5	19	ВА51-31-100	6,3
2	1,51	7,0	3x1,5	19	ВА51-31-100	8,0
3	2,75	14,7	3x1,5	19	ВА51-31-100	16
Питающая ВРУ-ЩО	5,26	13,2	3x2,5	25	ВА51-31-100	20

Выбор сечения жил кабелей для каждого участка сети производим по условию 5.21.

$$I_{дл.доп} > I_{p1}$$

Для выбора сечения кабеля первого участка сети подставим значения тока длительного допустимого сечения $1,5 \text{ мм}^2$ и расчетного тока первой групповой линии участка сети

$$19 \text{ А} > 4,5 \text{ А}$$

Выбираем кабель с медными жилами сечением $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$

Для остальных групп расчет аналогичный, результаты расчета представлены в табл. 5.12.

Для защиты осветительной сети от коротких замыканий в сети выбираем однополюсный автоматический выключатель по условию:

$$I_{iii \text{ с.а}} \geq I_{\delta 1}$$

Для защиты сети первой группы подставим значения в условие

$$6,3 \text{ А} > 4,5 \text{ А}.$$

Выбираем автоматический выключатель серии ВА 51-29 63/6,3А с защитной характеристикой В.

Для остальных групп расчет аналогичный, результаты расчета представлены в табл. 5.12.

Производим выбор аппарата защиты на участке от ИП до ЩО по условию 5.20

$$16 \text{ А} > 13,2 \text{ А}.$$

Выбираем трехполюсный автоматический выключатель серии ВА51-31-100/20 на одну ступень выше, чем требовалось по расчетным параметрам с учетом селективности срабатывания защитных аппаратов

Выбранное сечение жил кабелей следует согласовать с током защитного аппарата по условию

$$I_{дл.доп} \geq I_{ном а.з.} \cdot k_z$$

k_z – коэффициент защиты равен 1,0 для кабельных линий про-

ложенных в общественных помещениях

Для групповой линии участка 1

$$19 A > 6,3 A.$$

Условие соблюдается длительный допустимый ток жил кабелей 19А выше тока срабатывания расцепителя автоматического выключателя – 6,3А.

Аналогично производим согласование для участка 2 и 3.

Произведем согласование длительного допустимого тока кабеля на участке ИП-ЩО с током защитного аппарата

$$19 A < 20 A,$$

выбранный кабель на участке ИП-ЩО не удовлетворяет по условию, следовательно необходимо увеличить сечение на одну ступень (2,5 мм²) и согласовать с защитным аппаратом.

Кабель с медными жилами сечением 2,5 мм² имеет ток длительный допустимый – 25 А (табл. 5.7).

$$25 A > 20 A.$$

Условие соблюдается окончательно выбираем кабель с медными жилами на участке ИП-ЩО сечением 5х2,5 мм².

Технические данные автоматических выключателей приведены в таблице 5.13.

Таблица 5.13

Технические данные автоматических выключателей серий ВА51 и ВА52 с комбинированным расцепителем

Тип выключателя	Номинальный ток, А		Защитная характеристика
	выключателя	расцепителя	
Однополюсные			
ВА51-29	63	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63	В,С,Д
ВА51-31-1	100	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 63; 80; 100	
Трехполюсные			
ВА51Г-25	25	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	Д

Продолжение табл.5.13

BA51-25	25	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25	B,C
BA51-31	100	6,3; 8,0; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	B,C
BA52-31	100	16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	B,C,D
BA51-33	160	80; 100; 125; 160	C
BA52-33			
BA51-35	250	80; 100; 125; 160; 200; 250	D

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В разделе «Заключение» расчетно-пояснительной записки приводится информация, характеризующая конечную цель, достигнутую в результате проектирования осветительной установки. Например, в результате выполнения курсовой работы разработан проект осветительной установки, создающий световую среду в соответствии с требованиями нормативной документации и удовлетворяющий необходимой бесперебойности, безопасности технического обслуживания и ремонта, удобства управления.

В разделе должна быть приведена общая характеристика спроектированной осветительной установки. По светотехнической части можно отметить, что для системы общего равномерного освещения цеха и его вспомогательных помещений применены такие-то источники света и осветительные приборы, предусмотрена такая-то система обслуживания их. По электрической части – источником питания осветительной установки является ТП (ВРУ), применена такая-то схема питания с системой заземления электрической сети *TN-S* (*TN-C-S*), в таких-то помещениях предусмотрен такой-то способ прокладки проводов и кабелей, применены такие-то марки проводов и кабелей, тип щитков освещения и т. д. Обязательно в заключении необходимо отметить, что предусмотрено (какие применены решения в проекте) для эффективного, экономного использования электроэнергии осветительной установкой (какие источники света с высокой световой отдачей, какие энергоэффективные осветительные приборы, эффективные способы управления освещением, схемы расположения светильников, щитков освещения, трасс электрической осветительной сети и др.).

6. ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ ЧЕРТЕЖА ГРАФИЧЕСКОЙ ЧАСТИ

Чертеж графической части выполняется на формате А1 в масштабе 1:100. Вычерчивание производится карандашом или распечатывается на принтере.

На чертеже вычерчивается план заданных помещений с соблюдением требований ЕСКД в строительстве. План вычерчивается в осях, обозначенных по вертикали буквами, а по горизонтали цифрами и проставляются размеры между осями. Составляется таблица «Экспликация помещений».

На плане помещений должны быть нанесены:

- Номер помещений по экспликации;
- уровень нормированной освещенности;
- количество, тип светильников, мощность ламп и высота подвеса светильников над полом или площадкой обслуживания;
- источники питания, осветительные щитки рабочего и аварийного освещения;
- линии групповой сети рабочего и аварийного освещения.

ПЕРЕЧЕНЬ ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Правила устройства электроустановок / М-во топлива и энергетики РФ. – 6-е изд., перераб.и доп. – Москва : Главгосэнергоиздат России, 1998. – 608 с.
2. Естественное и искусственное освещение. Строительные нормы проектирования. ТКП 45-2.04-153-2009.– Минск: М-во архитектуры и строительства 2010. – 99с.
3. Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Гл. 52. Электропроводки. ГОСТ 30331.150–2001 (МЭК 364-5-52–93). – 17 с.
4. Электроустановки зданий. Ч. 5. Выбор и монтаж электрооборудования. Гл. 54. Заземляющие устройства и защитные проводники. ГОСТ 30331.10–2001 (МЭК 364-5-54–80). – 9 с.
5. Электроустановки жилых и общественных зданий: П2–2000 к СНиП 2.08.01–89. – Минск : М-во архитектуры и строительства, 2001. – 77 с.
6. Инструкция по проектированию силового и осветительного электрооборудования промышленных предприятий: СН 357–77. – Москва : Стройиздат, 1977. – 96 с.
7. Внутреннее электрическое освещение. Рабочие чертежи. ГОСТ 21.608–84. – 16 с.
8. СНиП 1.02.01–85. Инструкция о составе, порядке разработки, согласования и утверждения проектно-сметной документации на строительство предприятий, зданий и сооружений.
9. Инструкция по рациональному использованию электроэнергии и снижению затрат в промышленных осветительных установках / внутреннее освещение. – Светотехника, 1981, № 5.
10. Кнорринг, Г. М. Справочная книга для проектирования электрического освещения / Г. М. Кнорринг, И. М. Фадин, В. Н. Сидоров. – Санкт-Петербург : Энергоатомиздат, 1992. – 448 с.
11. Справочная книга по светотехнике / под ред. Ю. Б. Айзенберга. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Энергоатомиздат, 1995. – 528 с.
12. Оболенцев, Ю. Б. Электрическое освещение общепромышленных помещений / Ю. Б. Оболенцев, Э. Л. Гиндин. – Москва : Энергоатомиздат, 1990. – 112 с.
13. Епанешников, М. М. Электрическое освещение / М. М. Епанешников. – Москва : Энергия, 1973. – 352 с.

14. Кнорринг, Г. М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения / Г. М. Кнорринг. – Ленинград : Энергия, 1973. – 200 с.
15. Правила устройства электроустановок / М-во топлива и энергетики РФ. – 7-е изд. – Москва : Изд-во НЦ ЭНАС, 1999. – 316 с.
16. Электроустановки зданий. Ч. 3. Основные характеристики. ГОСТ 30331.2–95 (МЭК364-3–93). – 48 с.
17. Цигельман, И. Е. Электроснабжение гражданских зданий и коммунальных предприятий / И. Е. Цигельман. – 3-е изд., испр. и доп. – Москва : Высш. шк., 1988. – 318 с.
18. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. ГОСТ 13109–97. –30 с.
19. Электроустановки зданий. Ч. 4. Требования по обеспечению безопасности. Защита от поражения электрическим током. ГОСТ 30331.3–95 (МЭК 364-4-41–92).
20. Пособие П2–2000 к СнИП 2.08.01–89. Электроустановки жилых и общественных зданий. – АП «Институт «Белпроект», 2000.
21. Устройства защитные, управляемые дифференциальным (остаточным) током. Общие требования и методы испытаний. ГОСТ Р50807–95.
22. Ус, А. Г. Электрическое освещение: практ. пособие для курсового и дипломного проектирования по курсу «Электрическое освещение» для студентов специальностей 1-43 01 03 «Электроснабжение», 1-43 01 07 «Техническая эксплуатация энергооборудования организаций» / А. Г. Ус, В. Д. Елкин. – Гомель : ГГТУ им. П. О. Сухого, 2005. – 111 с.
23. Ус, А. Г. Электроснабжение промышленных предприятий и гражданских зданий : учеб. пособие / А. Г. Ус, Л. И. Евминов. – Минск : НПООО «ПИОН», 2002. – 457 с.
24. Белоусов, Н. И. Электрические кабели, провода и шнуры : справочник / Н. И. Белоусов [и др.]. – Москва : Энергоатомиздат, 1987. – 416.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	
1. Состав курсовой работы.....	
1.1. Содержание расчетно-пояснительной записки.....	
1.2. Графический материал.....	
2. Задание для выполнения курсовой работы.....	
2.1. Исходные данные для проектирования.....	
2.2. Исходные данные об источниках питания.....	
3. Рекомендации и методические указания по выполнению курсовой работы.....	
3.1. Введение.....	
3.2. Определение нормируемой освещенности помещений и обоснование выбора коэффициентов запаса.....	
3.3. Обоснование выбора источников света для системы общего рабочего и аварийного эвакуационного освещения Помещений.....	
3.4. Обоснование выбора типа светильников, высоты подвеса и размещение на плане помещения.....	
4. Светотехнический расчет.....	
4.1. Светотехнический расчет системы общего равномерного освещения методом коэффициента использования светового потока.....	
4.2. Расчет методом удельной мощности вспомогательных помещений.....	
4.3. Расчет точечным методом эвакуационного освещения.....	
5. Электрический расчет.....	
5.1. Разработка схемы питания осветительной установки.....	
5.2. Выбор типа и определение мест расположения щитков Освещения.....	
5.3. Определение установленной и расчетной мощности групп светильников осветительной установки.....	
5.4. Выбор марки проводов, кабелей, способов прокладки и расчет сечения жил.....	
5.5. Защита осветительной сети и выбор автоматических выключателей.....	
Заключение.....	
6. Правила оформления чертежа графической части.....	
Перечень использованных источников.....	

**Ус Анатолий Георгиевич
Елкин Валерий Дмитриевич**

**ЭЛЕКТРИЧЕСКОЕ ОСВЕЩЕНИЕ
И ИЗЛУЧАЮЩИЕ УСТАНОВКИ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Учебно-методическое пособие
к курсовой работе
для студентов специальности 1-43 01 03
«Электроснабжение» специализации 1-43 01 03 05
«Электроснабжение предприятий
агропромышленного комплекса»
дневной формы обучения**

Подписано к размещению в электронную библиотеку
ГГТУ им. П. О. Сухого в качестве электронного
учебно-методического документа 01.04.15.

Per. № 140E.
<http://www.gstu.by>