

Таблица 11 – Основные характеристики ламп накаливания для прожекторов

Марка лампы	Мощность, Вт	Световой поток $\Phi_{л}$, лм	Срок службы, час	Тип цоколя
Лампы накаливания общего назначения				
Г 215-225-200	200	2920	1000	E-40
Г 215-225-500	500	8300	1000	E-40
Г 220-230-1000	1000	18600	1000	E-40
Г 220-230-1500	1500	28000	1000	E-40
Натриевые лампы высокого давления серии ДНаМт				
ДНаМт 100	100	9000	16000	E-40
ДНаМт 150	150	14000	16000	E-40
ДНаМт 250	250	26000	20000	E-40
ДНаМт 400	400	45000	20000	E-40
ДНаМт 350	350	34000	12000	E-40
Газоразрядные лампы высокого давления				
ДРЛ-250 (10)-4	250	13500	12000	E-40
ДРЛ-400 (10)-4	400	24000	15000	E-40
ДРЛ-700 (10)-3	700	41000	20000	E-40
ДРЛ 1000(10)-3	1000	59000	18000	E-40
ДРИ 700	700	60000	5000	E-40
Прожекторные лампы				
ПЖ 220-500	500	10500	170	E-27
ПЖ 220-1000	1000	21000	200	E-40
Лампы галогенные серии КГ				
КГ 220-500-4	500	9500	2000	R7S
КГ 220-1000-5	1000	22000	2000	R7S
КГ 220-1500	1500	33000	2000	R7S
КГ 220-2000-4	2000	44000	2000	R7S

При установке прожектора на мачту с углом θ (рисунок 5) у ее подножия создается неосвещенная (темная) зона. Зона тем больше, чем меньше угол θ . Протяженность неосвещенной зоны на расстоянии L_0 от основания мачты определяется по формуле:

$$L_0 = H * \operatorname{tg} (90^\circ - \theta - \beta_e), \quad (39),$$

где H – высота установки прожектора,

θ – угол между горизонталью и оптической осью прожектора, град,

β_e – угол рассеивания прожектора в вертикальной плоскости.

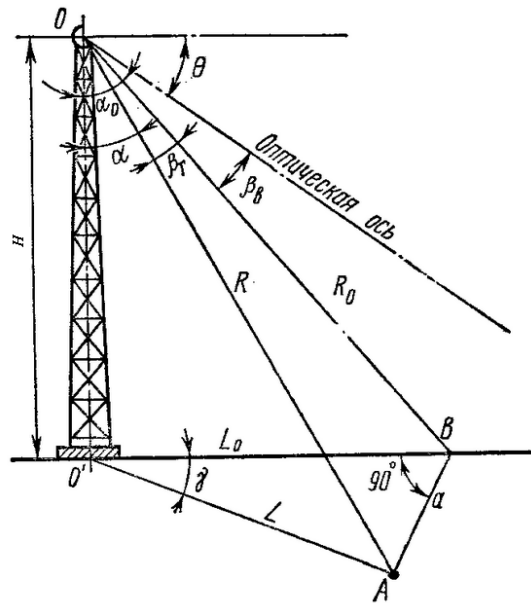
Для ограничения слепящего действия прожектора минимально допустимая высота установки прожекторов не должна нарушаться.

Для наиболее распространенных прожекторов проектными организациями были разработаны рекомендации по минимально допустимой высоте подвеса (таблица 12).

Таблица 12 – Минимально допустимая высота установки прожекторов, м

Прожектор	Марка лампы	Максимальная сила света I_{\max} , кКд	Нормируемая освещенность, лк				
			0,5	5,0	10,0	30,0	50,0
ПСМ-50-1	Г-220-1000	120	35	17	13	7	6
	ДРЛ-700	52	23	11	8	5	4
	ДРЛ-400	19,5	14	7	5	3	3
ПСМ-50-2	ПЖ220-1000	640	80	40	30	17	13
ПСМ-40-1	Г-220-500	70	25	13	10	5	4
ПСМ-40-2	ПЖ220-500	280	50	25	20	11	9
ПСМ-30-1	Г-220-200	33	18	9	7	4	3
ПЗР-400	ДРЛ-400	19	14	7	5	3	3
ПЗР-250	ДРЛ-250	11	10	5	4	3	3
ПЗС - 45	Г220-1000	130	35	18	13	7	6
	ДРЛ-700	30	17	8	6	4	3
	ДРЛ-400	14	12	5	4	3	3
	ДРИ-700	700	75	40	30	16	13
ПЗС - 35	Г220-500	50	22	11	8	5	4
ПЗС - 25	Г220-200	16	13	6	5	3	3
ПЗМ-35	Г220-500	40	20	10	7	4	4
ПЗМ-25	Г220-200	10	10	5	4	3	3
ПКН-1500-1	КГ 220-1500	90	30	15	11	6	5
ПКН-1500-2	КГ 220-1500	45	20	10	8	5	4
ПКН-1000-1	КГ 220-1000-5	52	23	11	8	5	4
ПКН-1000-2	КГ 220-100-5	30	17	8	6	4	3
ИСУ02-5000	КГ 220-5000-1	200	45	22	17	10	8
ИСУ01-2000	КГ 220-2000-4	71	25	13	10	5	5
ИО-04-1500	КГ 220-1500	45	20	10	8	5	4
ПГП-3500	ДРИ-3500-1	2800	168	84	64	35	28
ПГП - 2000	ДРИ-2000-1	1800	135	67	50	28	23
ПГП - 1000	ДРИ-1000-1	1200	109	55	42	23	19
ПГП - 400	ДРИ-400-1	610	78	39	30	16	13

При изменении угла наклона θ изменяется площадь, ограниченная кривой равной освещенности (изолюксой), и расположением светового пятна относительно мачты прожектора: с уменьшением угла наклона световое пятно удаляется от прожектора и приобретает форму эллипса. Угол θ , при котором площадь светового пятна с заданной освещенностью имеет максимальное значение, называется наивыгоднейшим.



H – высота установки прожектора, R – расстояние между центра источника света прожектора и освещаемой точкой, R_0 – расстояние между проекцией расчетной точки на линию, перпендикулярную к освещенной зоне и центром источника света прожектора, L_0 – расстояние между проекцией расчетной точки на линию, перпендикулярную к освещенной зоне и проекцией центра источника света прожектора на землю, α – угол между направлением крайнего горизонтального фокусного луча прожектора и перпендикуляром к земле, β_v и β_h – углы рассеивания светового потока прожектора в вертикальной и горизонтальной плоскости соответственно, γ – угол между расчетной точкой и проекцией оптической оси на землю, θ – угол наклона оптической оси прожектора к горизонту,

Рисунок 5 – Схема расчета темной зоны у прожектора

Наивыгоднейшее значение угла наклона θ при заданной освещенности E_r , равной средней освещенности площади E_{cp} ($E_r = E_{cp}$), можно определить по формуле

$$\theta = \arcsin 0.01 \sqrt{m + n(eH^2)^{2/3}}, \quad (40)$$

где e – освещенность (для заданной освещенности), лк; H – высота установки прожектора над освещаемой поверхностью, м; I_0 – осевая сила света прожектора, Кд; m , n – постоянные определяемые в зависимости от углов рассеивания прожектора в горизонтальной и вертикальной плоскости.

Затем определяем размеры зоны с заданной освещенностью от одного прожектора, используя значения высоты расположения прожектора, углов рассеивания в горизонтальной и вертикальной плоскостях, а также светотехнические характеристики заданного прожектора и лампы. Прожекторы располагаем по периметру площадки с отступом наружу на величину темного поля.

Исходные данные. Для заданной площади электрической подстанции рассчитать количество прожекторов, их высоту установки и угол наклона оптической оси к горизонту. Привести схему расположения прожекторов относительно за-

данной площадки, чтобы зона требуемой освещенностью перекрывалась суммарной площадью световых пятен с нужной освещенностью от всех прожекторов. Размеры площади электрической подстанции 78,4×43,2 м.

Исходные данные для расчета по вариантам приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Исходные данные к решению задачи

№ вар	Размеры освещаемой площади, м		Требуемая освещенность E_n , лк	Тип прожектора	Марка лампы
	Длина	Ширина			
1	2	3	4	5	6
1	15	15	30	ПЗС - 45	Г220-1000
2	20	15	20	ПЗС - 25	Г220-200
3	20	20	50	ПЗМ - 35	Г220-500
4	25	20	30	ПСМ-50-1	ДРЛ-700
5	25	25	20	ПЗС - 35	Г220-500
6	15	10	30	ПЗС - 35	Г220-500
7	15	15	20	ПЗС - 25	Г220-200
8	20	15	30	ПЗС - 25	Г220-200
9	20	20	20	ПЗМ - 35	Г220-500
10	25	20	50	ПЗМ - 35	Г220-500
11	30	15	30	ПЗМ-25	Г220-200
12	20	10	30	ПЗМ-25	Г220-200
13	15	15	20	ПЗМ-35	Г220-500
14	25	10	50	ПСМ-50-1	ДРЛ-400
15	30	20	30	ПЗР-400	ДРЛ-400
16	30	30	20	ПСМ-30-1	Г-220-200
17	25	25	50	ПСМ-50-2	ПЖ220-1000
18	30	25	20	ПСМ-40-1	Г-220-500
19	35	30	50	ПСМ-40-2	ПЖ220-500
20	20	15	20	ПСМ-30-1	Г-220-200

Решение

Расчет освещения проводим методом светового потока, согласно методике, изложенной в [14].

Вначале определим требуемую освещенность. Согласно [17], освещенность территории подстанции на уровне земли должна быть не менее 20 лк (принимаем 30 лк для работы ремонтного персонала в ночное время).

Принимаем к установке прожектор типа ИО-04-1500-002УХЛ1 с лампами КГ 220-1500-4, имеющий следующие характеристики: мощность $P = 1500$ Вт; максимальная сила света $I_{max} = 35000$ Кд; световой поток лампы $\Phi_d = 33000$ лм; коэффициент полезного действия прожектора $\eta = 0,6$. Угол рассеяния в вертикальной плоскости $\beta_v = 35$; угол рассеяния в горизонтальной плоскости $\beta_r = 55^\circ$ (таблица 9).

Общее количество прожекторов:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot k_n}{\Phi_l \cdot \eta_n \cdot \eta \cdot z} = \frac{30 \cdot 3387 \cdot 1,5 \cdot 1,15}{33000 \cdot 0,6 \cdot 1,0 \cdot 1,2} = 7,38, \quad (41)$$

где E_n – установленная освещенность, $E_n = 30$ лк,

S – площадь освещаемой площадки подстанции, равная $78,4 \times 43,2 \approx 3387$ м²;

K – коэффициент запаса, для прожекторного освещения $K_s = 1,5$;

K_n – коэффициент, учитывающий потери света в зависимости от конфигурации освещаемой площади, принимаем равным 1,15,

Φ_l – световой поток прожекторной лампы, $\Phi_l = 33000$ лм,

η_n – КПД прожектора, $\eta_n = 0,6$,

η – коэффициент использования светового потока, $\eta = 1,0$,

z – коэффициент неравномерности освещения, $z = 1,2$.

Принимаем к установке $N=8$ прожекторов.

Определяем высоту установки прожектора. Высота установки выбирается с учетом требований ограничения слепящего действия и экономических соображений, оправдывающих увеличение высоты.

$$h \geq \sqrt{\frac{I_{\max}}{C'}}, \quad (42)$$

где коэффициент C' – это приведенное значение c для количества прожекторов на площадке, $C' = c/N$; ($N=8$).

c – коэффициент, равный $c = I_{\max}/h^2$ и зависящий от нормируемой освещенности, для 30 лк принимается равным 2100 согласно [18], таблица 10.

$$h \leq \sqrt{\frac{33000}{2100/8}} = 11,2 \approx 12 \text{ м}.$$

Установленная мощность прожекторного освещения определяется по формуле, кВт:

$$P_{уст} = N \cdot P_l, \quad (43)$$

где N – количество прожекторов;

P_l – единичная мощность прожектора (лампы);

Определим установленную мощность прожекторного освещения по формуле (41):

$$P_{уст} = 8 \cdot 1500 = 13500 \text{ Вт}.$$

Угол рассеяния в вертикальной плоскости $\beta_v = 35$, угол рассеяния в горизонтальной плоскости $\beta_r = 55^\circ$;

Принимаем угол наклона оптической оси прожектора к горизонту $\Theta_v = 40^\circ$, чтобы световой поток не был направлен выше линии горизонта.

Световое пятно при угле наклона прожектора, превышающем половину угла рассеяния в вертикальной плоскости ($\Theta > \beta_v$), имеет форму эллипса. Размеры данного эллипса будут определяться значениями: H , β_v , β_r и Θ .

Производим расчет размеров зоны светораспределения лучей прожектора (световых пятен) на землю (рисунок 6).

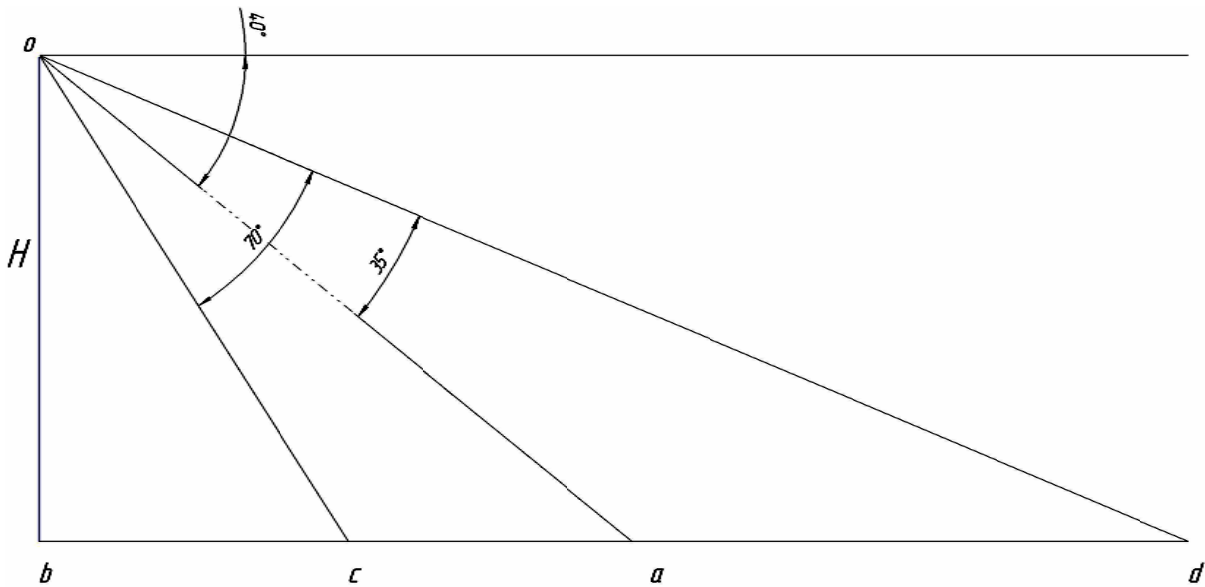


Рисунок 6 – Светораспределение лучей прожектора в вертикальной плоскости.

Вначале определяем расстояние вдоль оптической оси прожектора:

$$ob = H = 12 \text{ м};$$

$$oa = \frac{ob}{\cos \angle aob}; \quad (44)$$

$$ba = oa \cdot \sin \angle aob; \quad (45)$$

$$oa = \frac{12}{\cos 50^\circ} = 18,66 \text{ м};$$

$$ba = 24 \cdot \sin 50^\circ = 9,19 \text{ м}.$$

Аналогично рассчитываем od (oc), bd (bc) по формулам (44),(45):

$$od = \frac{12}{\cos(50 + 35)} \approx 138 \text{ м};$$

$$bd = 138 \cdot \sin(50 + 35) = 137 \text{ м};$$

$$oc = \frac{12}{\cos(90 - 40 - 35)} = 12,42 \text{ м};$$

$$bc = 12,42 \cdot \sin(90 - 40 - 35) = 3,1 \text{ м}.$$

$$cd = ba - bc = 137 - 3,1 = 133,9 \text{ м}$$

Затем определяем ширину светового пятна в горизонтальной плоскости отражателя прожектора, т.е. расстояние eaf (рисунок 7).

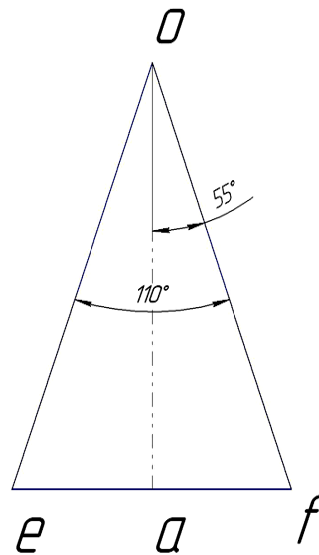


Рисунок 7 - Светораспределение лучей прожектора в горизонтальной плоскости.

$$of = oe; \tag{46}$$

$$af = ae; \tag{47}$$

$$of = oe = \frac{18,66}{\cos 55} = 32,53 м;$$

$$af = ae = 18,66 \cdot \sin 55 = 15,28 м.$$

Вид рассчитанного светового пятна прожектора представлен на рисунке 8, а эскиз освещения площадки – рисунке 9.

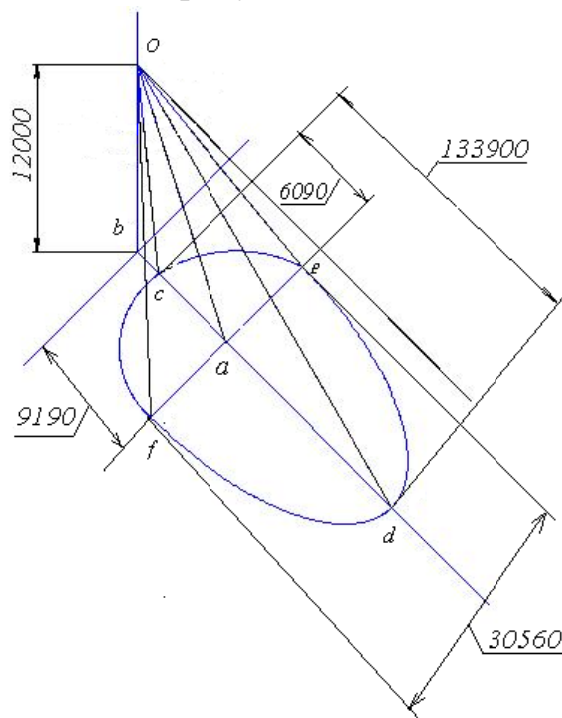


Рисунок 8 – Светораспределение прожектора ИО-04-1500

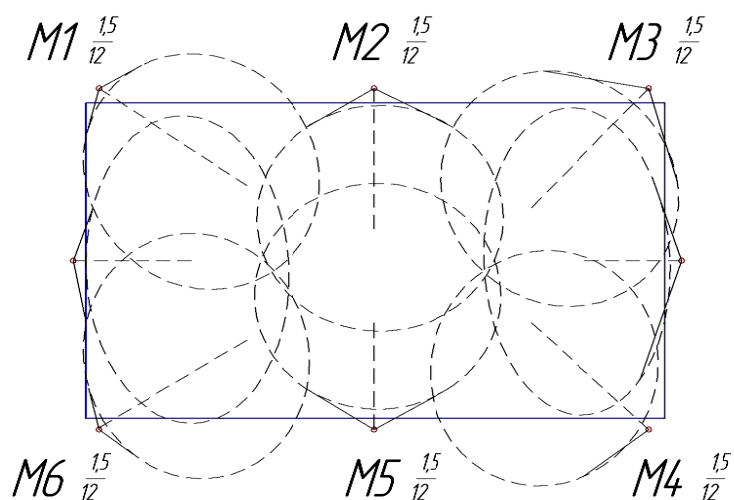


Рисунок 9 – Освещение площадки подстанции

Согласно приведенному расчету, для освещения территории подстанции необходимо восемь прожекторов ИО-04-1500-002УХЛ1 с лампами КГ 220-1500 мощностью 1500 Вт. Каждый прожектор устанавливается на мачту ОГК- 12 на кронштейн, установленный на высоте 12 м. Восемь мачт ОГК-12 размещены по периметру освещаемой площадки подстанции с отступом наружу на расстояние 3,1 м.

Вопросы для защиты работы

- 1 Методы расчета прожекторного освещения.
- 2 Основные характеристики ламп накаливания, используемых в прожекторах.
- 3 Марки прожекторных ламп и области их применения.
- 4 Факторы, определяющие коэффициент использования светового потока.
- 5 Основные характеристики прожекторов.
- 6 Факторы, определяющие высоту установки прожекторов.
- 7 Факторы, определяющие место на плане площадки для установки прожекторов.

Список литературы

- 1 Белов, С. В. Безопасность производственных процессов [Текст] : справочник / С. В. Белов, В. Н. Бринза, Б. С. Векшин [и др.] ; под общ. ред. С. В. Белова. – М. : Машиностроение, 1985. – 448 с.
- 2 Васильев, А. А. Электрическая часть станций и подстанций [Текст] / А.А. Васильев, И. П. Крючков, Е. Ф. Наяшкова, М. Н. Околович. – М. : Энергоатомиздат, 1990.
- 3 ГОСТ 12.0.002-80 (СТ СЭВ 1084-78) ССБТ. Термины и определения. М. : Изд-во стандартов, 1997. – 8 с.
- 4 ГОСТ 12.0.003-74 (1990) (СТ СЭВ 790-77) ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 6 с.

- 5 ГОСТ 12.1.038-82. ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М. : Изд-во стандартов, 1989. – 9 с.
- 6 Долин, П. А. Основы техники безопасности в электроустановках [Текст] : учебное пособие для вузов. / П.А. Долин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоиздат, 1984. – 448 с.
- 7 Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. ПОТ Р М-016-2001. РД 153-34.0-03.150-00, 2001. – С изм. и доп. – Мытищи: Талант, 2013. – 144 с.
- 8 Полушкин, В. И. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. В 2 ч. Ч.1. Теоретические основы создания микроклимата здания [Текст] : учебное пособие/ В. И. Полушкин, О. Н. Русак, С. И. Бурцев [и др.]. – СПб. : Профессия, 2002. –176 с.
- 9 Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. – М. : НЦ ЭНАС, 2012. – 280 с.
- 10 Правила устройства электроустановок. – 7-е изд., перераб. и доп.– М. : Энергоатомиздат, 2002.
- 11 Р 2.2.2006-05 Руководство. Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда : [утверждено Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 29 июля 2005 г.] : [Введено в действие с 1 ноября 2005 г.] – М. : Изд-во Деан 2006. – 240 с.
- 12 Рожкова, Л. Д. Электрооборудование станций и подстанций [Текст] / Л. Д. Рожкова, Л. К. Карнеева, Т. В. Чиркова. – М. : Издательский центр «Академия», 2007. – 448 с.
- 13 Руководящие указания по проектированию, сооружению и эксплуатационному контролю заземляющих устройств подстанций напряжением 6-750 кВ. – М. : ОАО «ФСК ЕЭС», 2012. – 73 с.
- 14 Дудиомов, М. С. Прожекторное освещение [Текст] / М. С. Дудиомов. – Л. : Энергия. 1981. – 232 с.
- 15 Средства защиты в машиностроении. Расчет и проектирование [Текст] : справочник / под ред. С.В. Белова. – М. : Машиностроение, 1989. – 368 с.
- 16 Электротехнический справочник. Т.1 /под. общ. ред. В. Г. Герасимова [и др.]. – М. : Энергоатомиздат, 1985. – 488 с.
- 17 СНиП 23-05-2010. Естественное и искусственное освещение. Минрегион России. – М. : 2010. – 72 с.
- 18 Тищенко, Г. А. Осветительные установки [Текст] : учебник/ Г. А. Тищенко. – М. : Высшая школа. 1984.
- 19 Российская федерация. Законы. Трудовой кодекс Российской Федерации [Текст] : [федер. Закон : принят Гос. Думой по состоянию на 20 окт. 2013 г.]. – М. : Эксмо, 2013. – 384 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Теплопродукция (энергозатраты) человека

Вид деятельности		М/Ф _Т , Вт/м ²	η
Состояние покоя		40 - 60	0
Легкие работы	I – а	50 – 80	0
	II – б	80 - 100	0
Средней тяжести	II – а	100 – 130	0 – 0,05
	II – б	130 - 167	0 – 0,1
Тяжелые работы	III	167 – 300	0,1 – 0,2

Таблица А2 – Значения R_{од} и f_{од} для различных типов одежды

Тип одежды	Термическое сопротивление одежды R _{од} , (м ² *К)/Вт	f _{од}
Шорты и рубашка	0,0155	1,5
Легкая летняя одежда	0,0775	1,1
Легкая специальная одежда	0,093	1,1
Деловой костюм	0,124 – 0,14	1,15
Деловой костюм и хлопчатобумажный плащ	0,155 – 0,2	1,15
Теплая традиционная европейская одежда	0,23	1,15 – 1,2
Теплая зимняя европейская одежда	0,23 – 0,31	1,15 – 1,2
Теплая зимняя одежда в холодных районах	0,465 – 0,62	1,3 – 1,5

Таблица А3 – Расчетные параметры воздуха на постоянных и непостоянных рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ	Оптимальные нормы			Допустимые нормы					
		температура, °С	скорость движения, м/с	Относительная влажность, %	Температура, °С			Скор. движ. возд., м/с, не более	Относит. вла-ть воз-духа, %, не более	
					на всех рабочих местах	на пост. рабочих местах	на непост. рабочих местах			на постоянных и непостоянных рабочих местах
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Теплый	Легкая I-а II-б	23-25 22-24	0,1 0,2	40 – 60	На 4°С выше расчетной температуры наружного воздуха (А)	28/31 28/31	30/32 30/32	0,2 0,3	75	
	Ср.тяж. II-а II-б	21-23 20-22	0,3 0,3			27/30 27/30	29/31 29/31	0,4 0,5		
	Тяжелая III	18-20	0,4			26/29	28/30	0,6		
Холодный и переходный периоды	Легкая I-а II-б	22-24 21-23	0,1 0,1	40 - 60	-	21-25 20-24	18-26 17-25	0,1 0,2	75	
	Ср.тяж. II-а II-б	18-20 17-19	0,2 0,2			17-23 15-24	15-24 13-23	0,3 0,4		
	Тяжелая III	16-18	0,3			13-19	12-20	0,5		

Микуров Алексей Иванович
Кривобокова Вера Александровна
Белякин Сергей Константинович
Евтушенко Наталья Георгиевна
Попадчук Светлана Борисовна

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

Методические указания к выполнению
практических работ для студентов направлений
090303.65, 140400.62, 150700.62, 151900.62, 190100.62, 190109.65, 190110.65,
190600.62, 190700.62, 220400.62, 220700.62, 221700.62, 222000.62, 231000.62,
280700.62

Редактор А.С. Мокина

Подписано в печать	Формат 60*84 1/16	Бумага тип. №1
Печать цифровая	Усл. печ. л. 2,25	Уч. - изд. л. 2,25
Заказ	Тираж 70	Не для продажи

РИЦ Курганского государственного университета.
640669, г. Курган, ул. Гоголя, 25.
Курганский государственный университет.