



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Некоммерческое акционерное общество  
АЛМАТИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭНЕРГЕТИКИ И СВЯЗИ

Факультет Заочного обучения и переподготовки специалистов  
Специальность 5B071800 - Электроэнергетика  
Кафедра Электроснабжение промышленных предприятий

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Студент Альменов Даурен Толеукулович  
(фамилия, имя, отчество)

Тема проекта Электроснабжение текстильного комбината

утверждена приказом ректора № 115 от «24» сентября 2013 г.  
Срок сдачи законченной работы «25» мая 2014 г.

Исходные данные к проекту требуемые параметры результатов проектирования (исследования) и исходные данные объекта Генеральный план текстильного комбината. Сведения об электрических нагрузках по цехам комбината. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1400 МВА. Трансформаторы работают отдельно. Расстояние от энергосистемы до комбината 16 км. Комбинат работает в три смены.

Перечень подлежащих разработке дипломного проекта вопросов или краткое содержание дипломного проекта:

Расчет электрических нагрузок на 0,4 и 10 кВ. Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ. Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения. Расчет токов короткого замыкания и выбор высоковольтного электрооборудования. Расчет светотехнической установки столовой. Рассмотрение вопросов безопасности жизнедеятельности. Рассмотрение экономических вопросов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)

Генеральный план текстильного комбината.

Однолинейная схема электроснабжения текстильного комбината.

План и разрез ГПП.

Светотехническая установка столовой.

Рекомендуемая основная литература

Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011.

Полева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.

Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «Форум-Инфра-М», 2009.

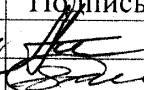
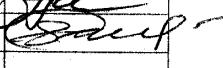
Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений. – М.: Интермет Инжиниринг, 2005.

Травила устройства электроустановок РК. – Алматы, 2007.

Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Тономарев, Н.Н. Сердюк-М: «высшая школа» 2002.

Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.

Консультанты по проекту с указанием относящихся к ним разделов

Раздел	Консультант	Сроки	Подпись
Экономическая часть	к.т.н., доц. Алимжанова Л.М.	07.06.2014	
ЭЖД	ст.пр. Мананбаева С.Е.	2.06.2014	
Основная часть	к.т.н., доц. Оразымбетова А.Ж.		

**Г Р А Ф И К**  
подготовки дипломного проекта

№ п/п	Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления руководителю	Примечание
1	Расчет электрических нагрузок по комбинату напряжением 0,4 кВ	6.01.14 г.- 17.01.14 г.	выполнено
2	Выбор числа цеховых трансформаторов	20.02.14 г.- 07.02.14 г.	выполнено
3	Компенсация реактивной мощности	10.02.14 г.- 14.02.14 г.	выполнено
4	Распределение электрических нагрузок цехов по трансформаторным подстанциям	17.02.14 г.- 03.03.14 г.	выполнено
5	Расчет электрических нагрузок на шинах 10 кВ	04.03.14 г.- 10.03.14 г.	выполнено
6	Сравнение вариантов внешнего электроснабжения	11.03.14 г.- 18.03.14 г.	выполнено
7	Расчет токов короткого замыкания напряжением выше 1 кВ	25.03.14 г.- 31.03.14 г.	выполнено
8	Выбор оборудования напряжением выше 1 кВ	01.04.14 г.- 12.04.14 г.	выполнено
9	Проектирование светотехнической установки столовой	15.04.14 г.- 30.04.14 г.	выполнено
10	Безопасность жизнедеятельности	06.05.14 г.- 11.05.14 г.	выполнено
11	Экономическая часть	13.05.14 г.- 18.05.14 г.	выполнено
12	Графический материал	20.05.14 г.- 26.05.13 г.	выполнено

Дата выдачи задания « 1 » октября 2013 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ Бакенов К.А.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Руководитель \_\_\_\_\_ Оразымбетова А.Ж.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

Задание принял к исполнению студент \_\_\_\_\_ Альменов Д.Т.  
(подпись) (Фамилия и инициалы)

## **Аннотация**

Тема дипломного проекта «Электроснабжение текстильного завода». В дипломном проекте были определены электрические нагрузки по цехам комбината, выбраны цеховые трансформаторы, произведено сравнение схем внешнего электроснабжения, выбрано высоковольтное оборудование. Спроектирована осветительная установка помещения. Рассмотрены вопросы безопасности жизнедеятельности и экономическая эффективность системы электроснабжения комбината.

## **Аңдатпа**

Дипломдық «Электрмен жабдықтау тоқымалық зауыт» деген жобаның тақырыбы. Дипломдық жобада болды тағайынды электр жүктер ша комбинаттың, цехтарының таңдалғандар цехтық трансформаторлар, сыртқы электрмен жабдықтау нобайының салыстыр жас, биік вольт жабдық таңдалған. Бөлменің нұрдың қондырғысы жобалы. Тіршілік әрекетінің қауіпсіздігінің сұрақтары және комбинаттың электрмен жабдықтау жүйесінің экономикалық тиімділігі қара.

## **Annotation**

Theme of diploma project "Power Supply of textile plant". In a diploma project the electric loading were certain on the workshops of combine, workshop transformers are chosen, comparison of charts of external power supply is produced, a high-voltage equipment is chosen. The lighting setting of apartment is projected. The questions of safety of vital functions and economic efficiency of the system of power supply of combine are considered.

## Содержание

Введение	7
1 Электроснабжение текстильного комбината	8
1.1 Технологический процесс производства	8
1.2 Исходные данные к проекту	9
1.3 Расчет осветительной и силовой нагрузок комбината	10
1.4 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ	16
1.5 Распределение реактивной мощности пропорционально нагрузкам трансформаторных подстанций	18
1.6 Определение электрических нагрузок на шинах 6 кВ	20
1.7 Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения	24
1.8 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП комбината	33
1.9 Выбор высоковольтного оборудования	33
2 Проектирование светотехнической установки столовой	45
2.1 Краткое описание технологического процесса в основных производственных цехах предприятия	45
2.2 Краткое описание методов расчета освещения	46
2.3 Расчет осветительных установок помещений предприятия	48
3 Безопасность жизнедеятельности	66
4 Экономическая часть	80
Заключение	92
Список литературы	93

## Введение

Электроэнергия применяется буквально во всех отраслях народного хозяйства, особенно для электропривода различных механизмов, а в последние годы и для различных электротехнологических установок, в первую очередь для электротермических и электросварочных установок, электролиза, электроискровой и электрозвуковой обработки материалов, электроокраски. Большую группу электроприемников составляют приводы общепромышленных механизмов, применяемые во всех отраслях народного хозяйства: подъемно-транспортные машины, поточно-транспортные системы, компрессоры, насосы, вентиляторы.

В настоящее время быстрыми темпами развивается производство для цветной металлургии крупных электрических машин и электромашин малой мощности, электрической аппаратуры напряжением до 1000 В и выше 1000В.

Для обеспечения подачи электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистем промышленным объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения промышленных предприятий, состоящие из сетей напряжением до 1000В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций. Передача, распределение и потребление выработанной энергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью и надежностью. Для обеспечения этого энергетиками создана надежная и экономичная система распределения электроэнергии на всех ступенях применяемого напряжения с максимальным приближением высокого напряжения к потребителям.

Потребители электрической энергии имеют свои специфические особенности, чем и обусловлены определенные требования электроснабжению - надежность питания, качество электроэнергии, резервирование и защита отдельных элементов. При проектировании сооружений и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий необходимо правильно в технико-экономическом аспекте осуществлять выбор напряжений, определять электрические нагрузки, выбирать типаж, число и мощность трансформаторных подстанций, виды их защит, системы компенсации реактивной мощности и способы регулирования напряжения.

В системе цехового распределения электроэнергии широко используют комплектные распределительные устройства, подстанции и силовые токопроводы. Это создает гибкую и надежную систему распределения, в результате чего экономится большее количество проводов и кабелей. Широко применяют совершенные системы автоматики, а также простые и надежные устройства защиты отдельных элементов системы электроснабжения промышленных предприятий.

## **1 Электроснабжение текстильного комбината**

### **1.1 Технологический процесс производства**

Под производственным процессом понимают совокупность отдельных процессов, осуществляемых для получения из материалов и полуфабрикатов деталей, изделий, готовых машин.

В производственный процесс входят не только основные, то есть непосредственно связанные с изготовлением готовой продукции, но и все вспомогательные процессы, обеспечивающие возможность изготовления продукции (например, транспортирование материалов и деталей, контроль деталей, изготовление приспособлений и инструмента другое).

Технологическим процессом называют последовательное изменение формы, размеров, свойств материала или полуфабриката в целях получения детали или изделия в соответствии с заданными техническими требованиями.

Основными цехами текстильного комбината являются: корпус сновальный, корпус «медико», корпус «утка», крутильный корпус, прядильные корпуса, красильные корпуса, деревообрабатывающий цех, компрессорная.

Электроцех, ремонтно-механический цех, котельная, склады готовой продукции и вспомогательных материалов, ЦЗЛ относятся к вспомогательным цехам.

Исходным материалом является хлопок, который поставляется с Центрального Казахстана и стран Средней Азии. Хлопок поступает на склад вспомогательных материалов, откуда в свою очередь поставляется в корпус сновальный, где из хлопка вытягивают и скручивают нити. Далее в корпусах «медико» и «утка» скручивают нити разной прочности и толщины для производства ткани.

Следующей стадией производства является окраска нитей в красильных корпусах и отправка их в прядильные корпуса. Далее готовые ткани отправляют на склад готовой продукции.

Так же на территории комбината находятся:

Ремонтно-механический цех, предназначенный для ремонта оборудования всех цехов комбината.

Электроцех с электроремонтным отделением.

Деревообрабатывающий цех, где производят катушки для нитей.

Центральная заводская лаборатория, в которой производят анализы всего технологического процесса производства тканей и нитей.

Заводоуправление, где размещается дирекция, техническая, административно-финансовая, снабженческая и хозяйственная часть.



## 1.2 Исходные данные на проектирование:

Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1400 МВА. Трансформаторы работают раздельно. Расстояние от энергосистемы до комбината 16 км. Комбинат работает в три смены. Сведения об электрических нагрузках по цехам комбината – таблица 1.1.

Таблица 1.1 – Электрические нагрузки [1]

№№ п/п	Наименование	Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P <sub>н</sub>	Σ P <sub>н</sub>
1	2	3	4	5
1	Корпус сновальный	10	5-20	600
2	Корпус «Медио»	50	1-30	500
3	Корпус «Утка»	75	10-30	300
4	Склад масел	2	5	10
5	Насосная №1	4	100	400
6	Прядильный корпус №1	35	1-40	550
7	Прядильный корпус №2	20	10-40	680
8	Корпус красильный №1	30	1-30	400
9	Прядильный корпус №3	80	1-20	1500
10	Компрессорная	6	50-100	500
11	Прядильный корпус №4	100	1-50	2200
12	Красильный корпус №2	50	10-40	1200
13	Электроцех	30	1-30	350
14	Деревообрабатывающий цех	25	1-20	200
15	Гараж	10	1-10	80
16	Столовая	15	1-20	200
17	Склад готовой продукции	10	1-10	80
18	Крутильный корпус	50	5-20	700
19	Заводоуправление	30	1-40	350
20	Механический цех	44	3-75,5	1185,8
21	Склад вспомогательных материалов	10	1-10	50
22	Котельная	80	1-150	1800

Освещение цехов и территории определить по площади.

### 1.3 Расчет осветительной и силовой нагрузок комбината

Расчет осветительной нагрузки.

По этому методу удельной плотности расчетная осветительная нагрузка принимается равной средней мощности освещения за наиболее загруженную смену и определяется по формулам [2]:

$$P_{po} = K_{co} \times P_{yo}, \text{ кВт} \quad (1.1)$$

$$Q_{po} = \text{tg}\varphi_o \times P_{po}, \text{ квар}, \quad (1.2)$$

где  $K_{co}$  – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки,

$\text{tg}\varphi_o$  - коэффициент реактивной мощности, определяется по  $\cos \varphi$ ,

$P_{yo}$  – установленная мощность приемников освещения по цеху, определяется по удельной осветительной нагрузке на  $1\text{ м}^2$  поверхности пола известной производственной площади:  $P_{yo} = \rho_o \times F$ , кВт.

где  $F$  - площадь производственного помещения, которая определяется по генеральному плану фабрики,  $\text{м}^2$ ;

$\rho_o$  – удельная расчетная мощность, кВт/ $\text{м}^2$ .

Все расчетные данные заносятся в таблицу 1.2 - «Расчет осветительной нагрузки».

Расчет электрических нагрузок по комбинату

Расчет электрических нагрузок напряжением до 1 кВ по цехам завода производим также методом упорядоченных диаграмм упрощенным способом. Результаты расчета силовых и осветительных нагрузок по цехам сведены в таблицу 1.3 - «Расчет силовой нагрузки отделочной фабрики текстильного комбината напряжением 0,4кВ».

Таблица 1.2 – Расчет осветительной нагрузки

№№ п/п	Наименование производственного помещения	Размеры помещения, длина(м) × ширина(м)	Площадь помещения, м <sup>2</sup>	Удельная осветительная нагрузка, ρ <sub>0</sub> , кВт/м <sup>2</sup>	Кoeffи циент спроса, К <sub>с</sub>	Установленная мощность освещения, P <sub>у0</sub> , кВт	Расчетная мощность осветительной нагрузки	
							P <sub>р0</sub> , кВт	Q <sub>р0</sub> , квар
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Корпус сновальный	37,5×90+26,2×18,7	3867,2	0,018	0,85	69,6	59,2	29,6
2	Корпус «Медио»	60×45	2700	0,018	0,85	48,6	41,3	20,6
3	Корпус «Утка»	97,5×45	4387,5	0,018	0,85	78,9	67,1	33,5
4	Склад масел	30×7,5	225	0,016	0,7	3,6	2,5	1,2
5	Насосная №1	30×15	450	0,014	0,85	6,3	5,4	2,7
6	Прядильный корпус №1	37,5×45	1687,5	0,018	0,95	30,4	28,9	14,4
7	Прядильный корпус №2	75×41,2+33,7×67,5	5371,9	0,018	0,95	96,7	91,9	45,9
8	Корпус красильный №1	30×48,7+26,2×15	1856,3	0,018	0,95	33,4	31,7	15,8
9	Прядильный корпус №3	165×37,5	6187,5	0,018	0,95	111,4	105,8	52,9
10	Компрессорная	15×11,2	168,7	0,014	0,95	2,3	2,2	1,1
11	Прядильный корпус №4	41,2×90+60×75	8212,5	0,018	0,95	147,8	140,4	70,2
12	Красильный корпус №2	138,7×30	4162,5	0,018	0,95	74,9	71,1	35,5
13	Электроцех	26,2×65,2	1712,8	0,016	0,85	27,4	23,3	11,6
14	Деревообрабатывающий цех	60×18,7	1125	0,018	0,95	20,2	19,2	9,6
15	Гараж	41,2×18,7	773,4	0,016	0,85	12,4	10,5	5,2
16	Столовая	37,5×26,2	984,4	0,018	0,95	17,7	16,8	8,4
17	Склад готовой продукции	67,5×37,5	2531,3	0,016	10,7	40,5	28,3	14,1
18	Крутильный корпус	105×63,7	6693,8	0,018	0,95	120,5	114,5	57,2
19	Заводоуправление	1055×18,7	3150	0,02	0,9	63	56,7	28,3
20	Механический цех	30×45	1350	0,018	0,85	24,3	20,7	10,3
21	Склад вспомогат. материалов	60×18,7	1125	0,016	0,7	18	12,6	6,3
22	Котельная	82,5×63,7	5259,4	0,014	0,7	73,6	51,5	25,7
	Освещение территории		143552,7	0,002	1	287,1	287,1	143,5

Таблица 1.3 – Расчет силовых нагрузок по цехам текстильного комбината, U = 0,4кВ

№ цехов	Наименование цехов	Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		m	K <sub>и</sub>	cosφ/tgφ	Средние нагрузки		n <sub>э</sub>	K <sub>м</sub>	Расчетные нагрузки			I <sub>р</sub> , А
			P <sub>н min</sub> ÷ P <sub>н max</sub>	ΣP <sub>н</sub>				P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар			P <sub>р</sub> , кВт	Q <sub>р</sub> , квар	S <sub>р</sub> , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Корпус сновальный	10	5-20	600	>3	0,6	0,75/0,88	360	316,8	10	1,26	453,6	348,5		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											512,8	726,1	888,9	1352,2
2	Корпус «Медио»	50	1-30	500	>3	0,75	0,7/1,02	375	382,5	33	1,07	403,1	382,5		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											444,4	409,1	604	918,8
3	Крпус «Утка»	75	10-30	800	>3	0,8	0,75/0,88	640	563,2	75	1,03	659,2	563,2		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											726,3	596,7	940	1429,8
4	Склад масел	2	5	10	<3	0,25	0,6/1,33	2,5	3,33	2		9	7,5		
	а) силовая														
	б)осветительная														
	Итого											11,5	8,7	14,4	21,9
5	Насосная №1	4	100	400	<3	0,6	0,8/0,75	240	180	4	1,46	350,4	198		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											355,8	200,7	408,5	621,4
6	Прядильный корпус №1	35	1-40	650	>3	0,65	0,8/0,75	422,5	316,9	33	1,12	473,2	316,9		
	а) силовая														
	б) осветительная														
	Итого											502,1	331,3	601,6	915

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
7	Прядильный корпус №2														
	а) силовая	20	10-40	680	>3	0,65	0,8/0,75	442	331,5	20	1,13	199,5	331,5		
	б) осветительная											91,9	45,9		
	итого											591,4	377,4	701,6	1067,2
8	Корпус красильный №1														
	а) силовая	30	1-30	400	>3	0,5	0,8/0,75	200	150	27	1,17	234	150		
	б) осветительная											31,7	15,8		
	итого											265,7	165,8	313,2	476,4
9	Прядильный корпус №3														
	а) силовая	80	1-20	1500	>3	0,65	0,8/0,75	975	731,3	80	1,05	1023,7	731,3		
	б) осветительная											105,8	52,9		
	итого											1129,5	784,2	1375,0	2091,6
10	Компрессорная														
	а) силовая	6	50-100	500	<3	0,65	0,7/1,02	325	331,5	6	1,3	422,5	364,7		
	б) осветительная											2,2	1,1		
	итого											424,7	365,8	560,5	852,6
11	Прядильный корпус №4														
	а) силовая	100	1-50	2200	>3	0,65	0,8/0,75	1430	1072,5	88	1,05	1501,5	1072,5		
	б) осветительная											140,4	70,2		
	итого											1641,9	1142,7	2000,4	3042,9
12	Красильный корпус №2														
	а) силовая	50	10-40	1200	>3	0,5	0,8/0,75	600	450	50	1,11	666	450		
	б) осветительная											71,1	35,5		
	итого											737,1	485,5	882,6	1342,6
13	Электроцех														
	а) силовая	30	1-30	350	>3	0,35	0,7/1,02	122,5	125	23	1,26	154,4	125		
	б) осветительная											23,3	11,6		
	итого											177,7	136,6	224,1	340,9

Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
14	Деревообрабатывающий цех														
	а) силовая	25	1-20	200	>3	0,5	0,8/0,75	100	75	20	1,2	120	75		
	б) осветительная											19,2	9,6		
	Итого											139,2	84,6	162,9	247,8
15	Гараж														
	а) силовая	10	1-10	80	>3	0,3	0,7/1,02	24	24,4	10	1,6	38,4	26,9		
	б) осветительная											10,5	5,2		
	Итого											48,9	32,1	58,5	89
16	Столовая														
	а) силовая	15	1-20	200	>3	0,45	0,85/0,62	90	55,8	15	1,24	111,6	55,8		
	б) осветительная											16,8	8,4		
	Итого											128,4	64,2	143,6	218,4
17	Склад готовой продукции														
	а) силовая	10	1-10	80	>3	0,25	0,7/1,02	20	20,4	10	1,7	34	22,4		
	б) осветительная											28,3	14,1		
	Итого											62,3	36,5	72,2	109,8
18	Крутильный корпус														
	а) силовая	50	5-20	700	>3	0,65	0,65/1,17	455	532,4	50	1,09	496	532,4		
	б) осветительная											114,5	57,2		
	Итого											610,5	589,6	848,7	1291
19	Заводоуправление														
	а) силовая	30	1-40	350	>3	0,45	0,9/0,48	157,5	75,6	18	1,24	195,3	75,6		
	б) осветительная											56,7	28,3		
	Итого											252	103,9	272,6	414,6
20	Механический цех														
	а) силовая	44	3-75,5	1185,8	>3	0,3	0,7/1,02	355,7	362,8	39	1,27	451,7	362,8		
	б) осветительная											20,7	10,3		
	Итого											472,4	373,1	601,9	869,9

Окончание таблицы 1.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
21	Склад вспомогательных материалов														
	а) силовая	10	1-10	50	>3	0,25	0,7/1,02	12,5	12,7	10	1,7	21,3	14		
	б) осветительная											12,6	6,3		
	итого											33,9	20,3	39,5	60,1
22	Котельная														
	а) силовая	80	1-150	1800	>3	0,5	0,8/0,75	900	675	24	1,14	1026	675		
	б) осветительная											51,5	25,7		
	итого											1077,5	700,7	1285,3	1955,1
	Освещение территории											287,1	143,5		
	Итого на шинах 0,4 кВ											10362,2	7665,8	12889,4	

## 1.4 Выбор числа цеховых трансформаторов и компенсация реактивной мощности на напряжение 0,4 кВ

Данные для расчета:

$$P_{p0,4}=10362\text{кВт};$$

$$Q_{p0,4}=7665,8 \text{ квар};$$

$$S_{p0,4}=12889,4 \text{ кВА}.$$

Текстильный комбинат относится ко 2 категории потребителей, работает в три смены, следовательно, коэффициент загрузки трансформаторов  $K_{зтр}=0,8$ . При плотности нагрузки напряжением 380В до 0,2-0,3 кВА/м<sup>2</sup> принимаем трансформатор мощностью  $S_{нт}=1000$  кВА.

Находим минимальное число цеховых трансформаторов [2]:

$$N_{т\ min} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \times S_{нт}} + \Delta N = \frac{10362}{0,8 \times 1000} + 0,05 = 13,$$

где  $P_{p0,4}$  – суммарная расчетная активная нагрузка;

$k_3$  – коэффициент загрузки трансформатора;

$S_{нт}$  – принятая номинальная мощность трансформатора;

$\Delta N$  – добавка до ближайшего целого числа

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле [2]:

$$N_{т.э} = N_{\min} + m,$$

где  $m$  – дополнительное число трансформаторов.

$N_{т.э}$  - определяется удельными затратами на передачу реактивной мощности с учетом постоянных составляющих капитальных затрат  $Z_{п/ст}^*$ .

$$Z_{п/ст}^* = 0,5; k_3 = 0,8; N_{\min} = 13; \Delta N = 0,05.$$

Тогда из справочника по кривым определяем  $m$ , для нашего случая  $m=1$ , значит:

$$N_{т.э} = 13 + 1 = 14 \text{ трансформаторов}.$$

По выбранному числу трансформаторов определяют наибольшую реактивную мощность  $Q_1$ , которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть напряжением до 1 кВ, определяется по формуле [2]:

$$Q_1 = \sqrt{(N_{тэ} \times S_{нт} \times K_3^2) - P_{p0,4}^2} = \sqrt{(14 \times 1000 \times 0,8)^2 - 10362^2} = 4250,8 \text{ квар}.$$



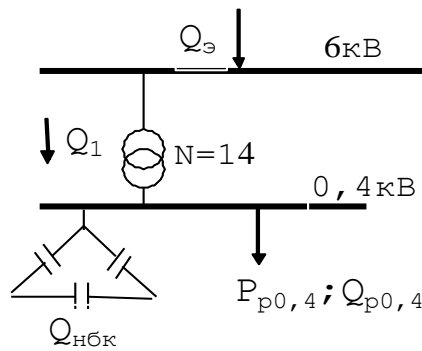


Рисунок 1.1

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определим величину  $Q_{нбк}$  [2]:

$$Q_{нбк} = Q_{p0,4} - Q_1 = 7665,8 - 4250,8 = 3415,1 \text{ квар}$$

Определим мощность одной батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор [2]:

$$Q_{нбк \text{ тп}} = \frac{Q_{нбк}}{N_{ТЗ}} = \frac{3415,1}{14} = 244 \approx 250 \text{ квар}.$$

Принимаем НБК типа УКМ-0,4-250-50У3, [13].

На основании расчетов составляется таблица 1.4 - «Распределение нагрузок цехов по ТП», в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП.

Таблица 1.4 – Распределение низковольтной нагрузки по ЦТП

№ № ТП, $S_{н \text{ тп}}$ , $Q_{нбк \text{ тп}}$	№ № цеха	$P_{p0,4}$ , кВт	$Q_{p0,4}$ , квар	$S_{p0,4}$ , кВА	Кз'
1	2	3	4	5	6
ТП 1 (2×1000)	1	512,8	726,1		
ТП 2 (2×1000)	2	444,4	403,1		
ТП 3 (1×1000)	3	726,3	596,7		
$\Sigma S_{н} = 5000$ кВА	4	11,5	8,7		
$Q_{нбк} = 5 \times 250 = 1250$ квар	5	355,8	200,7		
	6	502,1	331,3		
	7	591,4	377,4		
	10	424,7	365,8		
		3569	3010,1		
			-1250		
Итого		3569	1790,1	3992,7	0,8

Продолжение таблицы 1.4

1	2	3	4	5	6
ТП 4 (2×1000)	8	265,7	1658,2		
ТП 5 (2×1000)	14	139,2	84,6		
ТП 6 (1×1000)	15	48,9	32,1		
$\Sigma S_H=5000$ кВА	12	737,1	485,5		
$Q_{нбк}=5 \times 250=1250$ квар	22	1077,5	700,7		
	9	1129,6	784,2		
	13	177,7	136,6		
	16	128,4	64,2		
			-1250		
Итого		3704,1	1233,9	3904,1	0,78
ТП 7 (2×1000)	17	62,3	36,5		
ТП 8 (2×1000)	18	610,5	589,6		
$\Sigma S_H=4000$ кВА	19	252	103,9		
$Q_{нбк}=4 \times 250=1000$ квар	20	472,4	373,1		
	21	33,9	20,3		
	11	1641,9	1142,7		
	Осв.	287,1	143,5		
			-1000		
Итого		3089	1225,8	3323,3	0,83

### 1.5 Распределение реактивной мощности пропорционально нагрузкам трансформаторных подстанций

Исходные данные:

$$Q_{p0,4}=7665,8 \text{ квар};$$

$$Q_{нбк}=3415,1 \text{ квар}.$$

$$\text{ТП1, ТП2, ТП3: } Q_{p \text{ ТП } 1,2,3}=3010,1 \text{ квар}, Q_{p \text{ нбк ТП } 1,2,3}= X,$$

$$Q_{p \text{ нбк ТП } 1,2,3} = \frac{Q_{нбк} \times Q_{p \text{ ТП } 1,2,3}}{Q_{p0,4}} = \frac{3415,1 \times 3010,1}{7665,8} = 1340,9 \text{ квар},$$

то фактическая реактивная мощность:

$$Q_{ф \text{ ТП } 1,2,3}=3 \times 300+3 \times 150=1350 \text{ квар},$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{неск} = Q_{p \text{ ТП } 1,2,3} - Q_{ф \text{ ТП } 1,2,3} = 3010,1 - 1350 = 1660,1 \text{ квар}.$$

ТП4, ТП5, ТП6:  $Q_{p \text{ ТП } 4,5,6} = 2453,9$  квар,  $Q_{p \text{ нбк ТП } 4,5,6} = X$ ,

$$Q_{p \text{ нбк ТП } 4,5,6} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{p \text{ ТП } 4,5,6}}{Q_{p 0,4}} = \frac{3451,1 \times 2453,9}{7665,8} = 1093,2 \text{ квар},$$

то фактическая реактивная мощность:

$$Q_{\phi \text{ ТП } 4,5,6} = 3 \times 250 + 2 \times 150 = 1050 \text{ квар},$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p \text{ ТП } 4,5,6} - Q_{\phi \text{ ТП } 4,5,6} = 2453,9 - 1050 = 1403,9 \text{ квар}.$$

ТП 7, ТП8 :  $Q_{p \text{ ТП } 7,8} = 2201,8$  квар,  $Q_{p \text{ нбк ТП } 7,8} = X$ ,

$$Q_{p \text{ нбк ТП } 7,8} = \frac{Q_{\text{нбк}} \times Q_{p \text{ ТП } 7,8}}{Q_{p 0,4}} = \frac{3451,1 \times 2201,8}{7665,8} = 980,9 \text{ квар},$$

то фактическая реактивная мощность:

$$Q_{\phi \text{ ТП } 7,8} = 4 \times 250 = 1000 \text{ квар},$$

а некомпенсированная мощность равна:

$$Q_{\text{неск}} = Q_{p \text{ ТП } 7,8} - Q_{\phi \text{ ТП } 7,8} = 2201,8 - 1000 = 1201,8 \text{ квар}.$$

Расчетные и исходные данные по распределению  $Q_{\text{нбк}}$  по ТП сведем в таблицу 1.5.

Таблица 1.6

№ № ТП	$Q_{p \text{ тп}}$ квар	$Q_{p \text{ нбк тп}}$ квар	$Q_{\phi \text{ тп}}$ квар	$Q_{\text{неск.}}$ квар
1	2	3	4	5
ТП 1, ТП 2, ТП3	3010,1	1340,9	1350	1660,1
ТП 4, ТП 5, ТП6	2453,9	1093,2	1050	1403,9
ТП 7, ТП8	2201,8	980,9	1000	1201,8
Итого	7665,8	3415,1	3400	4265,8

## 1.6 Определение электрических нагрузок на шинах 6 кВ

Определение потерь мощности в ЦТП [2].

$$\Delta P_T = \Delta P_x + \Delta P_{K3} \times K_3^2 \quad (1.3)$$

$$\Delta Q_T = \frac{I_{xx} \times S_H}{100} + \frac{U_{K3} \times S_H \times K_3^2}{100} \quad (1.4)$$

Выбираем трансформаторы ТСЗ-1000-6/0,4

Паспортные данные:

$S_H=1000$ кВА;  $I_x=1,4\%$ ;  $U_K=5,5\%$ ;  $\Delta P_{xx}=2,45$ кВт;  $\Delta P_{K3}=11$ кВт.

ТП1, ТП2, ТП3:  $K_3 = 0,8$ ;  $N = 5$ .

$$\Delta P_T = 2,45 + 11 \times 0,8^2 = 9,49 \text{ кВт};$$

$$\Sigma \Delta P_T = 5 \times 9,49 = 47,45 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,4}{100} \times 1000 + \frac{5,5}{100} \times 1000 \times 0,8^2 = 49,2 \text{ квар};$$

$$\Sigma \Delta Q_T = 5 \times 49,2 = 246 \text{ квар.}$$

ТП4, ТП5, ТП6:  $K_3 = 0,78$ ;  $N = 5$

$$\Delta P_T = 2,45 + 11 \times 0,78^2 = 9,14 \text{ кВт};$$

$$\Sigma \Delta P_T = 5 \times 9,14 = 45,7 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,4}{100} \times 1000 + \frac{5,5}{100} \times 1000 \times 0,78^2 = 47,46 \text{ квар};$$

$$\Sigma \Delta Q_T = 5 \times 47,46 = 237,3 \text{ квар.}$$

ТП7, ТП8:  $K_3 = 0,83$ ;  $N = 4$

$$\Delta P_T = 2,45 + 11 \times 0,83^2 = 10,5 \text{ кВт};$$

$$\Sigma \Delta P_T = 4 \times 10,5 = 42 \text{ кВт.}$$

$$\Delta Q_T = \frac{1,4}{100} \times 1000 + \frac{5,5}{100} \times 1000 \times 0,83^2 = 54,3 \text{ квар};$$

$$\Sigma\Delta Q_T = 4 \times 54,3 = 217,2 \text{ квар.}$$

Суммарные потери во всех трансформаторах:

$$\Sigma\Delta P_T = 47,45 + 45,7 + 42 = 135,15 \text{ кВт.}$$

$$\Sigma\Delta Q_T = 246 + 237,3 + 217,2 = 700,5 \text{ квар.}$$

Определение мощности высоковольтных батарей конденсаторов .  
Составим схему замещения, показанную на рисунке 1.2.

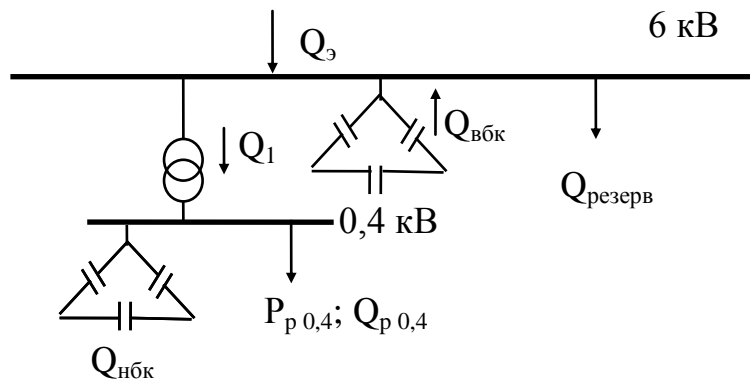


Рисунок 1.2

Методика расчета компенсации на шинах ГПП:

Составляется уравнение баланса реактивной мощности на шинах 6 кВ относительно  $Q_{ВБК}$  [2]

$$Q_{ВБК} = Q_{p,0,4} + \Sigma\Delta Q_{Tp} + Q_{рез} - Q_3 - Q_{НБК} \quad (1.5)$$

где  $Q_3$  - входная реактивная мощность задается энергосистемой как экономически оптимальная реактивная мощность, которая может быть передана предприятию в период наибольшей нагрузки энергосистемы определяется по формуле [2]:

$$Q_3 = 0,23 \times \Sigma P_p = 0,23 \times (P_{p,0,4} + \Delta P_T) = 0,23 \times (10362 + 122,2) = 2411,4 \text{ квар;}$$

$$Q_{рез} = 0,1 \Sigma Q_p = 0,1 \times (Q_{p,0,4} + \Delta Q_T) = 0,1 \times (7665,8 + 635,1) = 830,1 \text{ квар;}$$

$$Q_{ВБК} = 7665,8 + 635,1 + 830,1 - 2411,4 - 3400 = 3319,6 \text{ квар.}$$

Выбираем конденсаторные батареи для компенсации реактивной мощности на шинах ГПП типа 2УК-6-1125-ЛУЗ и 2УКЛ-6-450-2ЛУЗ

Где  $Q_{ВБК} = 3150$  квар.

Расчет силовой нагрузки по текстильному комбинату приведен в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Расчет уточненной мощности по текстильному комбинату

№№ТП, S <sub>нт</sub> , Q <sub>БК</sub> ТП	№№ цеха	n	P <sub>n min</sub> ÷ P <sub>n max</sub>	ΣP <sub>n</sub>	Ки	Средняя мощность		n <sub>э</sub>	K <sub>м</sub>	Расчетные мощности			Kз	
						P <sub>см</sub> , кВт	Q <sub>см</sub> , квар			P <sub>p</sub> , кВт	Q <sub>p</sub> , квар	S <sub>p</sub> , кВА		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
ТП1, ТП2, ТП3 (5×1000 кВА)	1	10	5-20	600		360	316,8							
	2	50	1-30	500		375	382,5							
	3	75	10-30	800		640	563,2							
	4	2	5	10		2,5	3,33							
	5	4	100	400		240	180							
	6	35	1-40	650		422,5	316,9							
	7	20	10-40	680		442	331,5							
	10	6	50-100	500		325	331,5							
	Силовая:		202	1-100	4140	0,68	2807	2425,7	83	1,06	2976,4	2425,7		
	Освещение: Q <sub>НБК</sub>										298,5	149,2		
Итого										3273,9	1224,9	3495,6	0,7	
ТП4, ТП5, ТП6 (5×1000 кВА)	8	30	1-30	400		200	150							
	9	80	1-20	1500		975	731,3							
	12	50	10-40	1200		600	450							
	13	30	1-30	350		122,5	125							
	14	25	1-20	200		100	75							
	15	10	1-10	80		24	24,4							
	16	15	1-20	200		90	55,8							
	22	80	1-150	1800		900	675							
Силовая:		320	1-150	5730	0,53	3011,5	2286,6	77	1,1	3312,6	2286,6			

Продолжение таблицы 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Освещение:										329,9	164,9		
Q <sub>нБК</sub>											-1050		
Итого										3642,6	1401,6	3902,9	0,78
ТП7, ТП8 (4×1000 кВА)	11	100	1-50	2200		1430	1072,5						
	17	10	1-10	80		20	20,4						
	18	50	5-20	700		455	532,4						
	19	30	1-40	350		157,5	75,6						
	20	44	3-75,5	1185,5		355,7	362,8						
	21	10	1-10	50		12,5	12,7						
Силовая:		239	1-50	3886	0,63	2226,8	1868,1	156	1,05	2338	1686,5		
Освещение:										373	186,6		
Освещение территории										287,1	143,5		
Q <sub>нБК</sub>											-1000		
Итого										2998,3	1198,7	3229	0,8
Итого на шинах 0,4 кВ										9914,8	3825,3		
ΣΔP <sub>T</sub> , ΣΔQ <sub>T</sub>										135,15	700,5		
ВБК											-3150		
Всего по заводу										10050	1375,8	10143	

## 1.7 Сравнение вариантов схем внешнего электроснабжения

Питание комбината может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37 кВ. Работа трансформаторов раздельная. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 16 км.

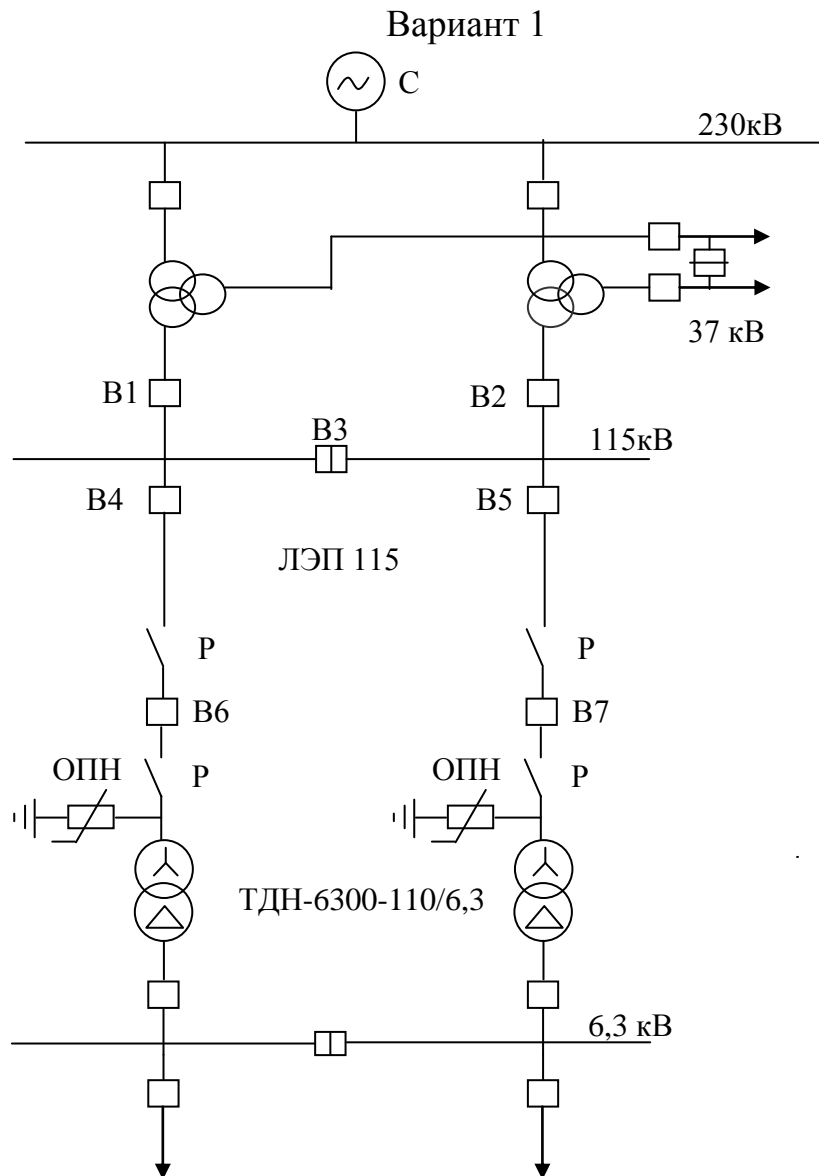


Рисунок 1.3 - Схема электроснабжения по 1 варианту [5]

Выбираем электрооборудования по I варианту.

1. Выбираем трансформаторы ГПП:

$$S_{\text{р гпп}} = \sqrt{P_{\text{р}}^2 + Q_{\text{э}}^2} = \sqrt{10050^2 + 2411,4^2} = 10335,2 \text{ кВА.}$$



Рассмотрим 2 трансформатора мощностью 6300 кВА,

$$K_3 = \frac{10335,2}{2 \times 6300} = 0,82;$$

Принимаем 2 трансформатора 2×6300 кВА,  $K_3=0,8$ , типа ТДН-6300-110/6,3

Паспортные данные:  $S_H = 6,3$  МВА;  $U_{BH} = 110$  кВ;  $U_{HH} = 6,3$  кВ;  $P_{кз} = 47$  кВт;  $P_{xx} = 10$  кВт;  $U_{кз} = 10,5\%$ ;  $I_{xx} = 1\%$ .

Определим потери мощности в трансформаторах ГПП:

$$\Delta P_{тр\ гпп} = 2 \times (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \times K_3^2) = 2 \times (10 + 47 \times 0,82^2) = 83,2 \text{ кВт};$$

$$\Delta Q_{тр\ гпп} = 2 \times \left( \frac{I_x \times S_H}{100} + \frac{U_k \times S_H \times K_3^2}{100} \right) = 2 \times \left( \frac{1 \times 6300}{100} + \frac{10,5 \times 6300 \times 0,82^2}{100} \right) = 1015,6 \text{ квар}.$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{тр\ гпп} = 2 \times (\Delta P_x \times T_{вкл} + \tau \times \Delta P_{кз} \times K_3^2), \quad (1.6)$$

где  $T_{вкл}$  – число часов включения, для двухсменной работы  $T_{вкл} = 6000$  ч;  
 $\tau$  – число часов использования максимума потерь и зависит от числа часов использования максимума нагрузки.

$$\tau = \left( 0,124 + \frac{T_M}{10000} \right) \times 8760 = \left( 0,124 + \frac{5500}{10000} \right)^2 \times 8760 = 3979,5 \text{ ч.}$$

где  $T_M$  – число часов использования максимума, для завода тяжелого машиностроения  $T_M = 5500$  ч.

$$\Delta W_{тр\ гпп} = 2 \times (10 \times 6000 + 47 \times 3979,5 \times 0,82^2) = 371526,7 \text{ кВт} \times \text{ч.}$$

2. Выбираем сечение проводов ЛЭП 110 кВ:

Определим мощность, проходящую по ЛЭП:

$$S_{лэп} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{тр\ гпп})^2 + Q_9^2} = \sqrt{(10050 + 83,2)^2 + 2411,4^2} = 10416,4 \text{ кВА};$$

$$I_{ав} = \frac{S_{лэп}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{10416,7}{\sqrt{3} \times 115} = 52,3 \text{ А};$$

$$I_p = \frac{I_{ав}}{2} = \frac{52,3}{2} = 26,15 \text{ А.}$$

а) определим сечение по экономической плотности тока ( $j_э$ ):

$$F_э = \frac{I_p}{j_{эк}} = \frac{26,15}{1,1} = 21,7 \text{ мм}^2.$$

принимаю стандартное ближайшее сечение  $F_э=70\text{мм}^2$ ,  $I_{доп}=265\text{А}$

б) по условию потерь на «корону» для линий 35 кВ и выше принимаем минимальное сечение  $70 \text{ мм}^2$ . Выбираем провод маркой АС 70,  $I_{доп}=265 \text{ А}$ . Проверим выбранный провод в нормальном и аварийном режимах.

в) на нагрев рабочим током:

$$I_{доп.пров.} > I_p \quad (265 \text{ А} > 26,15 \text{ А})$$

г) в аварийном режиме:

$$1,3 \times I_{доп.пров.} > I_{ав.}, \quad (344,5 > 52,3 \text{ А})$$

Окончательно принимаю провод марки АС-70,  $I_{доп}=265 \text{ А}$ .

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 110 кВ:

$$\Delta W_{лэп110} = N \times 3 \times I_p^2 \times R \times 10^{-3} \times \tau = 2 \times 3 \times 26,3^2 \times 7,36 \times 10^{-3} \times 3979,5 = 121553,9 \text{ кВтч,}$$

где  $R=r_0 \times L=0,46 \times 16=7,36 \text{ Ом}$ ;

$r_0=0,46 \text{ Ом/км}$  - удельное активное сопротивление АС-70

3. Выбор выключателей, разъединителей и ОПН на  $U=110 \text{ кВ}$ .

Для выбора аппаратов необходимо рассчитать ток короткого замыкания

Расчет  $I_{кз}$  (в о.е.).

$$S_б=1000 \text{ МВА}; \quad x_c=0; \quad U_б=115 \text{ кВ.}$$

$$I_б = \frac{S_б}{\sqrt{3} \times U_н} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5,02 \text{ кА};$$

$$x_{тр.с} = \frac{U_к \times S_б}{100 \times S_н} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 63} = 1,67 \text{ о.е.}$$

$$x_{лэп} = \frac{x_0 \times L \times S_б}{U_{ср}^2} = \frac{0,4 \times 16 \times 1000}{115^2} = 0,48 \text{ о.е.}$$

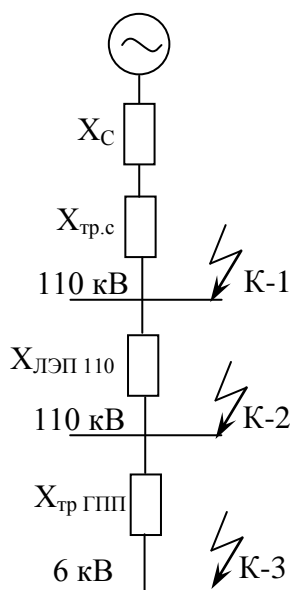


Рисунок 1.4

$$X_{\text{тр.ГПП}} = \frac{U_{\text{к}} \times S_{\text{б}}}{100 \times S_{\text{н}}} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 6,3} = 17,46$$

$$I_{\text{к-1}} = \frac{I_{\text{б}}}{X_{\text{с}} + X_{\text{тр.с}}} = \frac{5,02}{0 + 1,67} = 3,16 \text{ кА};$$

$$I_{\text{к-2}} = \frac{I_{\text{б}}}{X_{\text{с}} + X_{\text{тр.с}} + X_{\text{лэп}}} = \frac{5,02}{0 + 1,67 + 0,48} = 2,45 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд1}} = K_{\text{уд}} \times \sqrt{2} \times I_{\text{к-1}} = 1,3 \times \sqrt{2} \times 3,16 = 5,7 \text{ кА},$$

$$i_{\text{уд2}} = K_{\text{уд}} \times \sqrt{2} \times I_{\text{к-2}} = 1,3 \times \sqrt{2} \times 2,45 = 4,4 \text{ кА},$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{\text{к-1}} = \sqrt{3} \times U_{\text{н}} \times I_{\text{к-1}} = \sqrt{3} \times 115 \times 3,16 = 628 \text{ МВА};$$

$$S_{\text{к-2}} = \sqrt{3} \times U_{\text{н}} \times I_{\text{к-2}} = \sqrt{3} \times 115 \times 2,45 = 487 \text{ МВА}.$$

После расчета токов КЗ произведем выбор оборудования:

- трансформатор энергосистемы:

АТДЦТН-63000/220/110/37

$U_{\text{вн}}=230 \text{ кВ}; U_{\text{сн}}=115 \text{ кВ}; U_{\text{нн}}=37 \text{ кВ}; S=63 \text{ МВА}; \Delta P_{\text{хх}}=74 \text{ кВт};$

$\Delta P_{\text{кз}}=320 \text{ кВт}; \Delta I_{\text{хх}}=0,45\%; U_{\text{кз}}=11\%.$

Определим коэффициент  $\gamma$  - долевого участия:

$$\gamma_1 = \frac{S_{\text{рлэп}}}{2 \times S_{\text{ном.тр.с.}}} = \frac{10466,7}{2 \times 63000} = 0,083.$$

Долевым участием в потерях  $\Delta P$  и  $\Delta Q$  в трансформаторах энергосистемы пренебрегаем.

- выключатели  $B_4, B_5, B_6, B_7$ :

$I_{\text{авлэп}}=52,5 \text{ А}$  при  $I_{\text{кз}}=3,16 \text{ кА}$

ВВЭ-110Б-16/1600 У1:

$I_{\text{н}}=630 \text{ А} \geq I_{\text{ав}}=52,5 \text{ А};$

$I_{\text{отк}}=20 \text{ кА} \geq I_{\text{кз}}=3,16 \text{ А};$

$I_{\text{пред.ком.}}=52 \text{ кА} > I_{\text{кз}}=3,16 \text{ кА};$

$I_{\text{терм.ком.}}=20 \text{ кА} > I_{\text{кз}}=3,16 \text{ кА}.$

Выбираем выключатели В<sub>1</sub> и В<sub>2</sub> по аварийному току трансформаторов системы. Принимаем, что мощность, передаваемая через трансформатор по вторичным обмоткам трансформаторов распределена поровну (по 50%) поэтому S<sub>ав.тр.с.</sub>=2×31,5=63 МВА.

$$I_{ав} = \frac{S_{ав}}{\sqrt{3} \times U_{ном}} = \frac{63 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 115} = 316,3 \text{ А}, I_p = I_{ав}/2 = 158,1 \text{ А}.$$

ВВЭ-110Б-16/1600 У1:

$$I_n = 1600 \text{ А} \geq I_{ав} = 316,3 \text{ А};$$

$$I_{отк} = 16 \text{ кА} \geq I_{кз} = 3,16 \text{ А};$$

$$I_{пред.ком.} = 32 \text{ кА} > I_{кз} = 3,16 \text{ кА};$$

$$I_{терм.ком.} = 32 \text{ кА} > I_{кз} = 3,16 \text{ кА}.$$

$$\gamma_{2В1,В2} = \frac{I_{ав.з}}{I_{ном.в.}} = \frac{52,5}{630} = 0,08.$$

- секционный выключатель В<sub>3</sub>

$$I_{В3} = 158,1 \text{ А}$$

ВВЭ-110Б-16/1600 У1:

$$I_n = 1600 \text{ А} \geq I_{ав} = 158,1 \text{ А};$$

$$I_{отк} = 16 \text{ кА} \geq I_{кз} = 3,16 \text{ А};$$

$$I_{пред.ком.} = 32 \text{ кА} > I_{кз} = 3,16 \text{ кА};$$

$$I_{терм.ком.} = 32 \text{ кА} > I_{кз} = 3,16 \text{ кА}.$$

$$\gamma_{3В3} = \frac{I_{р.з}}{I_{ном.в.}} = \frac{26,3}{630} = 0,04.$$

- разъединители:

РНД-110Б/1000У1:

$$I_n = 1000 \text{ А}; I_{скв ампл} = 80 \text{ кА} \geq 2,45 \text{ кА};$$

$$I_{пред терм стойк} = 31,5 \text{ кА} \geq 2,45 \text{ кА}.$$

- ограничители перенапряжения:

ОПНп-110/420/56-10 УХЛ1; U<sub>н</sub>=110 кВ.

Капитальные затраты на выбранное оборудование приведены в экономической части дипломного проекта.



$$\Delta Q_{\text{т.гпп}} = 2 \times \left( \frac{I_x \times S_n}{100} + \frac{U_k \times S_n \times K^2}{100} \right) = 2 \times \left( \frac{0,8 \times 6300}{100} + \frac{10,5 \times 6300 \times 0,82^2}{100} \right) = 736,2 \text{ квар.}$$

Определим потери электрической энергии в трансформаторах ГПП:

$$\Delta W_{\text{т.гпп}} = 2 \times (7,6 \times 6000 + 46,5 \times 3979,5 \times 0,82^2) = 340050,9 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

2. Выбираем сечение проводов ЛЭП 37 кВ:

$$S_{\text{лэп}} = \sqrt{(P_p + \Delta P_{\text{т.гпп}})^2 + Q_g^2} = \sqrt{(10050 + 77,7)^2 + 2411,4^2} = 10410,8 \text{ кВА};$$

$$I_{\text{ав}} = \frac{S_{\text{лэп}}}{\sqrt{3} \times U} = \frac{10410,8}{\sqrt{3} \times 37} = 162,5 \text{ А};$$

$$I_p = \frac{I_{\text{ав}}}{2} = \frac{162,5}{2} = 81,2 \text{ А.}$$

а) Сечение по экономической плотности тока:

$$F_g = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}} = \frac{81,2}{1,1} = 67,7 \text{ мм}^2.$$

б) по условию потерь на «корону»

Так как для ВЛ 37 кВ минимальное сечение 70 мм<sup>2</sup>, то принимается провод маркой АС 70, I<sub>доп</sub>=265 А.

в) на нагрев рабочим током:

$$I_{\text{доп.пров.}} > I_p \quad (265 \text{ А} > 81,2 \text{ А})$$

г) по аварийному режиму:

$$1,3 \times I_{\text{доп.пров.}} > I_{\text{ав.}}, \quad (344,5 > 162,5 \text{ А})$$

Окончательно принимаю провод марки АС-70, I<sub>доп</sub>=265 А

Определим потери электрической энергии в ЛЭП 35 кВ:

$$\Delta W_{\text{лэп 35}} = 2 \times 3 \times 81,2^2 \times 7,36 \times 10^{-3} \times 3979,5 = 1158696 \text{ кВт}\cdot\text{ч.}$$

где R=r<sub>0</sub>×L=0,46 ×16=7,36 Ом, где r<sub>0</sub>=0,46 Ом/км.

Выбор выключателей, разъединителей и ОПН на U=35 кВ.

Расчет I<sub>кз</sub> (в о.е.).

S<sub>б</sub>=1000 МВА; x<sub>с</sub>=0; U<sub>б</sub>=37 кВ.

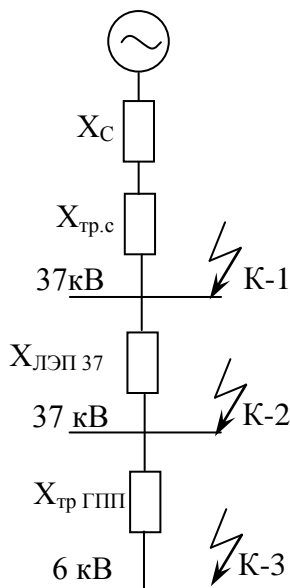


Рисунок 1.6

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 37} = 15,6 \text{ кА};$$

$$X_{тр.с} = \frac{U_k \times S_{\delta}}{100 \times S_H} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 63} = 1,67 \text{ о.е.}$$

$$X_{лэп} = \frac{x_0 \times L \times S_{\delta}}{U_{cp}^2} = \frac{0,4 \times 16 \times 1000}{37^2} = 4,67 \text{ о.е.}$$

$$X_{тр.ГПП} = \frac{U_k \times S_{\delta}}{100 \times S_H} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 6,3} = 17,46$$

$$I_{K-1} = \frac{I_{\delta}}{X_c + X_{тр.с}} = \frac{15,6}{0 + 1,67} = 9,81 \text{ кА};$$

$$I_{K-2} = \frac{I_{\delta}}{X_c + X_{тр.с} + X_{лэп}} = \frac{15,6}{0 + 1,67 + 4,67} = 2,58 \text{ кА};$$

$$i_{уд1} = K_{уд} \times \sqrt{2} \times I_{K-1} = 1,3 \times \sqrt{2} \times 9,81 = 17,9 \text{ кА},$$

$$i_{уд2} = K_{уд} \times \sqrt{2} \times I_{K-2} = 1,3 \times \sqrt{2} \times 2,58 = 4,7 \text{ кА},$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{K-1} = \sqrt{3} \times U_H \times I_{K-1} = \sqrt{3} \times 37 \times 9,81 = 627,9 \text{ МВА};$$

$$S_{K-2} = \sqrt{3} \times U_H \times I_{K-2} = \sqrt{3} \times 37 \times 2,58 = 165,1 \text{ МВА}.$$

После расчета токов КЗ произведем выбор оборудования:

- трансформатор энергосистемы:

АТДЦТН-63000/220/110/37

$U_{вн}=230 \text{ кВ}; U_{сн}=115 \text{ кВ}; U_{нн}=37 \text{ кВ}; S=63 \text{ МВА}; \Delta P_{хх}=74 \text{ кВт};$

$\Delta P_{кз}=320 \text{ кВт}; \Delta I_{хх}=0,45\%; U_{кз}=11\%.$

Определим  $\gamma$  - долевое участие:

$$\gamma_1 = \frac{S_{рлэп}}{2 \times S_{ном.тр.с}} = \frac{10466,7}{2 \times 63000} = 0,083.$$

Долевым участием в потерях  $\Delta P$  и  $\Delta Q$  в трансформаторах энергосистемы пренебрегаем.

$$S_{ав.тр.с.}=2 \times 31,5=63 \text{ МВА.}$$

$$I_{ав} = \frac{S_{ав}}{\sqrt{3} \times U_{ном}} = \frac{63 \times 10^3}{\sqrt{3} \times 37} = 983 \text{ А, } I_p = I_{ав}/2 = 491,8 \text{ А.}$$

ВВЭ-35-20/1600 У3:

$$I_H = 1000 \text{ А} \geq I_{ав} = 983 \text{ А};$$

$$I_{отк} = 25 \text{ кА} \geq I_{кз} = 9,81 \text{ А};$$

$$I_{пред.ком.} = 64 \text{ кА} > I_{кз} = 9,81 \text{ кА};$$

$$I_{терм.ком.} = 25 \text{ кА} > I_{кз} = 9,81 \text{ кА.}$$

$$\gamma_{2В1,В2} = \frac{I_{ав.3}}{I_{ном.в.}} = \frac{162,5}{1000} = 0,16.$$

- секционный выключатель В<sub>3</sub>

$$I_{В3} = 491,5 \text{ А}$$

ВВЭ-35-20/1600 У3,

$$I_H = 1000 \text{ А} \geq I_{ав} = 491,5 \text{ А};$$

$$I_{отк} = 25 \text{ кА} \geq I_{кз} = 9,81 \text{ А};$$

$$I_{пред.ком.} = 64 \text{ кА} > I_{кз} = 9,81 \text{ кА};$$

$$I_{терм.ком.} = 25 \text{ кА} > I_{кз} = 9,81 \text{ кА.}$$

$$\gamma_{3В3} = \frac{I_{р.3}}{I_{ном.в.}} = \frac{81,2}{1000} = 0,08.$$

- выключатели В<sub>4</sub>, В<sub>5</sub>:

$$I_{авлэп} = 162,5 \text{ А при } I_{кз} = 9,81 \text{ кА}$$

ВВЭ-35-20/1600 У3,

$$I_H = 1000 \text{ А} \geq I_{ав} = 162,5 \text{ А};$$

$$I_{отк} = 25 \text{ кА} \geq I_{кз} = 9,81 \text{ А};$$

$$I_{пред.ком.} = 64 \text{ кА} > I_{кз} = 9,81 \text{ кА};$$

$$I_{терм.ком.} = 25 \text{ кА} > I_{кз} = 9,81 \text{ кА.}$$

- разъединители:

РНД-35/1000У1 [2]:

$$I_H = 1000 \text{ А}; I_{скв ампл} = 80 \text{ кА} \geq 2,58 \text{ кА};$$

$$I_{пред терм стойк} = 31,5 \text{ кА} \geq 2,58 \text{ кА.}$$

- ограничители перенапряжения:

$$\text{ОПНп-35/420/56-10 УХЛ1}; U_H = 35 \text{ кВ.}$$

Капитальные затраты на выбранное оборудование приведены в экономической части дипломного проекта.



## 1.8 Расчет токов короткого замыкания на шинах ГПП комбината

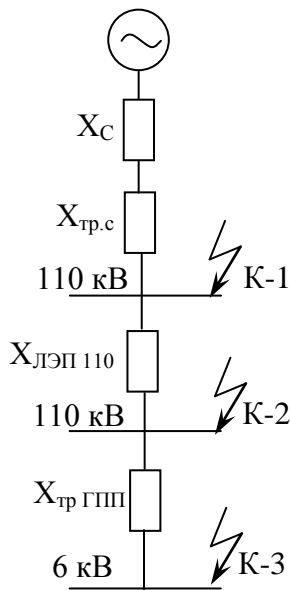


Рисунок 1.7

$$S_{\delta}=1000 \text{ МВА}; x_c=0; U_{\delta}=115 \text{ кВ.}$$

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 115} = 5,02 \text{ кА};$$

$$I_{\delta_{6,3}} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{1000}{\sqrt{3} \times 6,3} = 91,6 \text{ кА};$$

$$X_{\text{тр.с}} = \frac{U_{\text{к}} \times S_{\delta}}{100 \times S_H} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 63} = 1,67 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{ЛЭП}} = \frac{x_0 \times L \times S_{\delta}}{U_{\text{cp}}^2} = \frac{0,4 \times 16 \times 1000}{115^2} = 0,48 \text{ о.е.}$$

$$X_{\text{тр.ГПП}} = \frac{U_{\text{к}} \times S_{\delta}}{100 \times S_H} = \frac{10,5 \times 1000}{100 \times 6,3} = 17,46$$

Так как расчеты токов КЗ в точках К-1, К-2 проводились выше, то достаточно провести расчет тока КЗ в точке К-3.

$$I_{\text{К-3}} = \frac{I_{\delta}}{x_c + X_{\text{тр.с}} + X_{\text{ЛЭП}} + X_{\text{тр.ГПП}}} = \frac{91,6}{0 + 1,67 + 0,48 + 17,46} = 4,9 \text{ кА};$$

$$i_{\text{уд3}} = K_{\text{уд}} \times \sqrt{2} \times I_{\text{К-3}} = 1,3 \times \sqrt{2} \times 4,9 = 8,9 \text{ кА},$$

Мощность короткого замыкания:

$$S_{\text{К-3}} = \sqrt{3} \times U_H \times I_{\text{К-3}} = \sqrt{3} \times 6,3 \times 4,9 = 53,4 \text{ МВА.}$$

## 1.9 Выбор высоковольтного оборудования

*Выбор выключателей*

Выбор вводных и секционных выключателей:  $S_{\text{ном.тр.}} = 6300 \text{ кВА};$

$$I_{\text{р.зав.}} = \frac{S_{\text{ном.тр.}}}{\sqrt{3} \times U_H} = \frac{6300}{\sqrt{3} \times 6,3} = 578 \text{ А};$$

$$I_{\text{ав}} = 2 \times I_{\text{р.завода}} = 2 \times 578 = 1156 \text{ А.}$$

Таблица 1.7 - Выбор выключателей типа ВМПЭ-6-1600-20У3.

	Вводные выключатели		Секционный выключатель	
	Расчетные	Паспортные	Расчетные	Паспортные
$U_H$ , кВ	6	6	6	6
$I_H$ , А	578	1600	278	630
$I_{отк}$ , кА	4,9	20	4,9	20

Выбор выключателей отходящих линий:

1. Магистраль ГПП-(ТП1+ТП2+ТП3):

$$S_p = \sqrt{(3273,9 + 47,45)^2 + (1224,9 + 246)^2} = 3632,5 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{3632,5}{2 \times \sqrt{3} \times 6,3} = 166,4 \text{ А};$$

$$I_{ав} = 2 \times 166,4 = 332,8 \text{ А}.$$

Таблица 1.8 - Выбор выключателя типа ВМПЭ-6-630-20У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6$ кВ	$U_H = 6$ кВ
$I_H = 630$ А	$I_{ав} = 332,8$ А
$I_{откл} = 20$ кА	$I_{кз} = 4,9$ кА

2. Магистраль ГПП-(ТП4+ТП5+ТП6):

$$S_p = \sqrt{(3642,6 + 45,7)^2 + (1401,6 + 237,3)^2} = 4036 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{4036}{2 \times \sqrt{3} \times 6,3} = 184,9 \text{ А};$$

$$I_{ав} = 2 \times 184,9 = 369,8 \text{ А}.$$

Таблица 1.9 - Выбор выключателя типа ВВЭ-6-20/630 У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6$ кВ	$U_H = 6$ кВ
$I_H = 630$ А	$I_{ав} = 369,8$ А
$I_{откл} = 210$ кА	$I_{кз} = 4,9$ кА

3. Магистраль ГПП-(ТП7+ТП8):

$$S_p = \sqrt{(2998,3+42)^2 + (1198,7+217,2)^2} = 3353,8 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{3353,8}{2 \times \sqrt{3} \times 6,3} = 153,7 \text{ А};$$

$$I_{ав} = 2 \times 153,7 = 307,4 \text{ А}.$$

Таблица 1.10 - Выбор выключателя типа ВВЭ-6-20/630 У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6 \text{ кВ}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_{ав} = 307,4 \text{ А}$
$I_{откл} = 20 \text{ кА}$	$I_{кз} = 4,9 \text{ кА}$

4. Линия ГПП-ВБК1:  $Q_{ВБК} = 1350 \text{ квар}$

$$I_{рВБК} = \frac{1350}{\sqrt{3} \times 6,3} = 123 \text{ А}.$$

Таблица 1.11 - Выбор выключателя типа ВВЭ-6-20/630 У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6 \text{ кВ}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_{ав} = 123 \text{ А}$
$I_{откл} = 20 \text{ кА}$	$I_{кз} = 4,9 \text{ кА}$

5. Линия ГПП-ВБК2:  $Q_{ВБК} = 450 \text{ квар}$

$$I_{рВБК} = \frac{450}{\sqrt{3} \times 6,3} = 41,3 \text{ А}.$$

Таблица 1.12 - Выбор выключателя типа ВВЭ-6-20/630 У3

Паспортные данные	Расчетные данные
$U_H = 6 \text{ кВ}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$
$I_H = 630 \text{ А}$	$I_{ав} = 41,3 \text{ А}$
$I_{откл} = 20 \text{ кА}$	$I_{кз} = 4,9 \text{ кА}$

#### *Выбор трансформаторов тока*

Трансформаторы тока выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{ном \text{ тт}} \geq U_{ном \text{ уст-ки}}$ ;
2. по току:  $I_{ном \text{ тт}} \geq I_{расч}$ ;

3. по электродинамической стойкости:  $K_{дин} \geq \frac{i_{уд}}{\sqrt{2} \times I_{НОМТТ}}$ ;
4. по вторичной нагрузке:  $S_{н2} \geq S_{нагр\ расч}$ ;
5. по термической стойкости:  $K_{тс} = \frac{I_{об} \times \sqrt{t}}{I_{НОМТТ} \times t_{нт}}$ ;
6. по конструкции и классу точности.

а) Выбор трансформаторов тока на вводе и секционном выключателе.

Таблица 1.13

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
А	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
W	Д-355	0,5	-	0,5
Var	Д-345	0,5	-	0,5
Итого		6,5	5,5	6,5

Таблица 1.14 - Выбор ТТ типа ТЛМ-6-1000/5

Расчетные величины	По каталогу
$U_n=6$ кВ	$U_n=6$ кВ
$I_{ав}=930,6$ А	$I_n=1000$ А
$i_{уд}=12,5$ кА	$I_{дин}=81$ кА
$S_{2п}=10,4$ ВА	$S_{2н}=30$ ВА

Рассчитаем вторичную нагрузку трансформаторов тока.

Сопротивление вторичной нагрузки состоит из сопротивления приборов, соединительных проводов и переходного сопротивления контактов:

$$R_2 = R_{приб} + R_{пров} + R_{к-тов}$$

Сопротивление приборов определяется по формуле:

$$r_{приб} = \frac{S_{приб}}{I_2^2} = \frac{6,5}{5^2} = 0,26 \text{ Ом};$$

$$r_{2н} = \frac{S_{2нТТ}}{I_2^2} = \frac{30}{5^2} = 1,2 \text{ Ом}.$$

где  $S_{приб}$  – мощность, потребляемая приборами;  
 $I_2$  – вторичный номинальный ток прибора.

Допустимое сопротивление проводов:

$$r_{\text{доппр}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 1,2 - 0,26 - 0,1 = 0,84 \text{ Ом.}$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,84} = 0,16 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ;  $F=2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,416 \times 5^2 = 10,4 \text{ ВА};$$

где  $R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,26 + 0,056 + 0,1 = 0,416 \text{ Ом}$

Выбираем трансформатор тока на секционном выключателе шин ГПП.

Таблица 1.15

Прибор	Тип	A, ВА	B, ВА	C, ВА
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Итого		0,5	0,5	0,5

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{0,5}{5^2} = 0,02 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{н-ка}} = \frac{S_{2\text{нтт}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доппр}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,02 - 0,1 = 0,28 \text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,28} = 0,5 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ;  $F=2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,0176 \times 5^2 = 4,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,02 + 0,056 + 0,1 = 0,176 \text{ Ом}.$$

Таблица 1.16 - Выбор трансформатор тока типа ТЛМ-6-400/5

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_{\text{ав}} = 465,3 \text{ А}$ $i_{\text{уд}} = 12,5 \text{ кА}$ $S_{2p} = 4,4 \text{ ВА}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$ $I_H = 500 \text{ А}$ $I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$ $S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

б) Выбираем трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2-ТП3); ГПП-(ТП4-ТП5-ТП6); ГПП-(ТП7-ТП8).

Таблица 1.17

Прибор	Тип	A, ВА	B, ВА	C, ВА
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Wh	СА3-И681	2,5	2,5	2,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
Итого		5,5	5,5	5,5

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{5,5}{5^2} = 0,22 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{н-ка}} = \frac{S_{2\text{нтт}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{доп}} = r_{2\text{н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,22 - 0,1 = 0,08 \text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,08} = 1,75 \text{ мм}^2;$$

принимаем кабель АКРТВ;  $F = 2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,376 \times 5^2 = 9,4 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,22 + 0,056 + 0,1 = 0,376 \text{ Ом}.$$

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП1-ТП2-ТП3).

Таблица 1.18 - Выбор трансформатор тока типа ТЛМ-6-400/5

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 6 \text{ кВ}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 332,8 \text{ А}$	$I_H = 400 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2p} = 9,4 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП4-ТП5-ТП6).

Таблица 1.19 - Выбор трансформатор тока типа ТЛМ-6-400/5

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 6 \text{ кВ}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 369,8 \text{ А}$	$I_H = 400 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2p} = 9,4 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

Трансформатор тока на линии ГПП-(ТП7-ТП).

Таблица 1.20 - Выбор трансформатор тока типа ТЛМ-6-400/5

Расчетные величины	По каталогу
$U_H = 6 \text{ кВ}$	$U_H = 6 \text{ кВ}$
$I_{\text{ав}} = 307,4 \text{ А}$	$I_H = 400 \text{ А}$
$i_{\text{уд}} = 12,5 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}} = 74,5 \text{ кА}$
$S_{2p} = 9,4 \text{ ВА}$	$S_{2H} = 10 \text{ ВА}$

г) Выбор трансформаторов тока для ВБК:

Таблица 1.21

Прибор	Тип	А, ВА	В, ВА	С, ВА
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Амперметр	Э-350	0,5	0,5	0,5
Varh	СР4-И689	2,5	2,5	2,5
Итого		4	4	4

$$r_{\text{приб}} = \frac{S_{\text{приб}}}{I_2^2} = \frac{4}{5^2} = 0,16 \text{ Ом};$$

$$r_{2\text{-ка}} = \frac{S_{2\text{НТТ}}}{I_2^2} = \frac{10}{5^2} = 0,4 \text{ Ом};$$

$$r_{\text{дошпр}} = r_{2\text{Н}} - r_{\text{приб}} - r_{\text{кон}} = 0,4 - 0,16 - 0,1 = 0,14 \text{ Ом};$$

$$q_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{r_{\text{доп}}} = \frac{0,028 \times 5}{0,14} = 0,1 \text{ мм}^2;$$

принимаем провод АКР ТВ;  $F=2,5 \text{ мм}^2$ ;

$$R_{\text{пров}} = \frac{\rho \times L}{F} = \frac{0,028 \times 5}{2,5} = 0,056 \text{ Ом};$$

$$S_2 = R_2 \times I_2^2 = 0,316 \times 5^2 = 7,9 \text{ ВА};$$

$$R_2 = R_{\text{приб}} + R_{\text{пров}} + R_{\text{к-тов}} = 0,16 + 0,056 + 0,1 = 0,316 \text{ Ом}.$$

Выбор трансформаторов тока для ВБК1.

Таблица 1.22- Выбор трансформатор тока типа ТЛМ-6-150/5

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$
$I_{\text{р}}=123 \text{ А}$	$I_{\text{н}}=150 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=12,6 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=74,5 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}}=7,9 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}}=10 \text{ ВА}$

Выбор трансформаторов тока для ВБК2:

Таблица 1.23- Выбор трансформатор тока типа ТЛМ-6-50/5

Расчетные величины	По каталогу
$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$	$U_{\text{н}}=6 \text{ кВ}$
$I_{\text{р}}=41,3 \text{ А}$	$I_{\text{н}}=50 \text{ А}$
$i_{\text{уд}}=12,6 \text{ кА}$	$I_{\text{дин}}=74,5 \text{ кА}$
$S_{2\text{р}}=7,9 \text{ ВА}$	$S_{2\text{н}}=10 \text{ ВА}$

*Выбор трансформаторов напряжения*

Трансформаторы напряжения выбираются по следующим условиям:

1. по напряжению установки:  $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$ ;



2. по вторичной нагрузке:  $S_{ном2} \geq S_{2расч}$ ;
3. по классу точности
4. по конструкции и схеме соединения

Таблица 1.24

Прибор	Тип	$S_{об-ки}$ , ВА	Число об-к	$\cos\varphi$	$\sin\varphi$	Число приборов	$P_{общ}$ , Вт	$Q_{\Sigma}$ , вар
V	Э-335	2	2	1	0	2	8	-
W	Д-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Var	И-335	1,5	2	1	0	1	3	-
Wh	СА3- И681	3 Вт	2	0,38	0,925	8	48	116,8
Varh	СР4- И689	3 вар	2	0,38	0,925	8	48	116,8
Итого							96	233,6

Расчетная вторичная нагрузка:

$$S_{2p} = \sqrt{P^2 + Q^2} = \sqrt{96^2 + 233,6^2} = 252,5 \text{ ВА}$$

Принимаем ТН типа НТМК-6-66-У3

Таблица 1.25 - Выбор ТН типа НТМК-6-66-У3

$U_{HT}=6 \text{ кВ}$	$U_{HT}=6 \text{ кВ}$
$S_{H2}=500 \text{ кВА}$	$S_{p2}=252,5 \text{ ВА}$
Схема соединения обмоток $Y_0/Y_0/\Delta_1-0$	

*Выбор выключателей нагрузки*

Таблица 1.26 - Выбор выключатель нагрузки типа ВНПуп-6/400-10зпзУ3

Расчетные	Паспортные
$U_H=6 \text{ кВ}$	$U_H=6 \text{ кВ}$
$I_{расч}=307,4-369,8 \text{ А}$	$I_H=400 \text{ А}$
$I_K=4,9 \text{ кА}$	$I_{отк}=10 \text{ кА}$

*Выбор силовых кабелей отходящих линий*

Выбор кабелей производится по следующим условиям:

1. по экономической плотности тока:  $F_3 = \frac{I_p}{\gamma_3}$ ;
2. по минимальному сечению  $F_{min} = \alpha \times I_{кз} \times \sqrt{t_{п}}$ ;
3. по условию нагрева рабочим током  $I_{доп каб} \geq I_p$ ;

4. по аварийному режиму  $I_{\text{доп ав}} \geq I_{\text{ав}}$ ;
5. по потере напряжения  $\Delta U_{\text{доп}} \geq \Delta U_{\text{рас}}$ .

Выбираем кабель ГПП-(ТП7+ТП8):

$$S_p = \sqrt{(2998,3+42)^2 + (1198,7+217,2)^2} = 3353,8 \text{ кВА};$$

$$I_p = \frac{3353,8}{2 \times \sqrt{3} \times 6,3} = 153,7 \text{ А};$$

$$I_{\text{ав}} = 2 \times 153,7 = 307,4 \text{ А}.$$

а) по экономической плотности тока:

$$F_3 = I_p / j_{\text{эк}} = 153,7 / 1,4 = 109,7 \text{ мм}^2.$$

где  $j_{\text{эк}} = 1,4 \frac{\text{А}}{\text{мм}^2}$  - для  $T_M = 3000-5000 \text{ ч}$ .

Принимаем кабель марки ААШВ-6-(3×120)+(1×70);  $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$ ;

б) проверим выбранный кабель по термической стойкости к  $I_{\text{кз}}$ , найдем минимальное сечение кабеля по  $I_{\text{кз}}$ :

$$F_{\text{min}} = \alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 4,9 \times \sqrt{0,8} = 52,6 \text{ мм}^2;$$

принимаем окончательно кабель ААШВ-10-(3×120)+(1×70);  $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$ ;

в) проверка по аварийному току:  $I_{\text{доп ав}} = 1,3 \times 265 = 344,5 \text{ А} \geq 307,4 \text{ А}$ ;

г) проверка по рабочему режиму с учетом поправочного коэффициента  $K_{\text{поп}}$ , зависящего от количества кабелей проложенных в одной траншее  $K_{\text{поп}} = 0,78$ :

$$I_p / K_{\text{поп}} = 153,7 / 0,78 = 197 \text{ А}, (265 \text{ А} > 197 \text{ А}).$$

е) проверка по потере напряжения:

$$\Delta U = \frac{P \times R + Q \times X}{U_H} = \frac{3040,3 \times 0,049 + 1415,9 \times 0,014}{6,3} = 26,8 \text{ В}$$

где  $R = r_0 \times L = 0,261 \times 0,187 = 0,049 \text{ Ом}$ ;  $X = x_0 \times L = 0,076 \times 0,187 = 0,014 \text{ Ом}$ ;

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_H} \times 100\% = \frac{26,8}{6300} \times 100\% = 0,43\% \leq 5\%.$$

Условия выполняются, тогда окончательно принимаем кабель марки ААШВ-10-(3×120)+(1×70), с  $I_{\text{доп}} = 265 \text{ А}$ .

Все расчетные данные выбора остальных кабелей занесены в таблицу 1.27 – «Кабельный журнал».

### Выбор шин ГПП.

Сечение шин выбирают по длительно допустимому току и экономической целесообразности. Проверку шин производят на электродинамическую и термическую стойкость к токам КЗ.

Выбираем твердотянутые алюминиевые шины прямоугольного сечения марки АТ-80×6;  $I_{\text{доп}}=1170$  А (одна полоса на фазу),  $I_{\text{ав}}=930,6$  А;  $i_{\text{уд}}=12,5$  кА

а)  $I_{\text{доп}}=1170$  А  $\geq I_{\text{ав}}=930,6$  А;

б) проверка по термической стойкости к  $I_{\text{кз}}$  :

$$F_{\text{min}}=\alpha \times I_{\text{кз}} \times \sqrt{t_{\text{привед}}} = 12 \times 4,9 \times \sqrt{1} = 58,8 \text{ мм}^2 < 480 \text{ мм}^2 (80 \times 6);$$

в) проверка по динамической стойкости к  $i_{\text{уд кз}}$  :  $\sigma_{\text{доп}}=117,6$  кгс/см<sup>2</sup>:

$$f = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{1,75 \times 10^{-2} \times 12,5^2 \times 100}{80} = 3,4 \text{ кгс};$$
$$W = 0,167 \times b \times h^2 = 0,167 \times 0,6 \times 8^2 = 6,4 \text{ см}^3$$

$$\sigma_{\text{расч}} = \frac{f \times L}{10 \times W} = \frac{3,4 \times 100^2}{10 \times 6,4} = 5,3 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2} \leq 117,6 \frac{\text{кгс}}{\text{см}^2}.$$

где  $L=100$  см-расстояние между изоляторами;

$a=80$  см-расстояние между фазами;

$b=0,6$  см-толщина одной полосы;

$h=8$  см-ширина (высота) шины.

Из условия видно, что шины динамически устойчивы.

### Выбор изоляторов

Жесткие шины крепятся на опорных изоляторах, выбор которых производится по следующим условиям:

по номинальному напряжению:  $U_{\text{ном}} \geq U_{\text{уст}}$ ;

по допустимой нагрузке:  $F_{\text{доп}} \geq F_{\text{расч}}$ .

где  $F_{\text{расч}}$  – сила, действующая на изолятор;

$F_{\text{доп}}$  – допустимая нагрузка на головку изолятора,  $F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}}$ ;

$F_{\text{разруш}}$  – разрушающая нагрузка на изгиб.

$$F_{\text{расч}} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times i_{\text{уд}}^2 \times L}{a} = \frac{\sqrt{3} \times 10^{-1} \times 12,5^2 \times 100}{80} = 33,7 \text{ кгс}.$$

Выбираем изолятор типа ОНШ-6-500У1,  $F_{\text{разруш}}=500$  кгс.

$$F_{\text{доп}} = 0,6 \times F_{\text{разруш}} = 0,6 \times 500 = 300 \text{ кгс. } (> 33,7 \text{ кгс})$$

Условие выполняется.

Таблица 1.27 – Кабельный журнал

Наименование участка	S <sub>p</sub> , кВА	Длина кабельной линии, м	Нагрузка		По экономической плотности тока, мм <sup>2</sup>		По допустимой нагрузке, мм <sup>2</sup>		По току короткого замыкания, мм <sup>2</sup>		Выбранный кабель	I <sub>доп</sub> , А
			I <sub>p</sub> , А	I <sub>ав</sub> , А	j <sub>э</sub>	F <sub>э</sub>	K <sub>n</sub>	I <sub>доп</sub>	I <sub>к</sub> , А	S		
ГПП-(ТП1+ТП2+ТП3)	3632,5	540	166,4	332,9	1,4	119	0,78	213,3	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×120)	265
ГПП-(ТП4+ТП5+ТП6)	4036	130	184,9	369,9	1,4	132,1	0,78	237	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×150)	285
ГПП-(ТП7+ТП8)	3353,8	120	153,7	307,4	1,4	109,7	0,78	197	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×120)	265
ТП1-(ТП2+ТП3)	2179,6	60	100	200	1,4	71,4	0,9	111,1	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×95)	245
ТП2-ТП3	726,5	110	66,7	-	1,4	48	1	66,7	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×70)	210
ТП4-(ТП5+ТП6)	2491,6	200	111,1	222,2	1,4	79,4	0,9	123,4	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×95)	245
ТП5-ТП6	807,2	80	74	-	1,4	53	1	74	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×70)	210
ТП7-ТП8	1676,9	120	76,9	153,9	1,4	54,9	0,9	85,4	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×70)	210
ГПП-ВБК1	1350	5	123	-	1,4	87,8	0,78	157,6	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×70)	210
ГПП-ВБК2	450	5	41,3	-	1,4	29,5	0,78	52,9	4,9	52,6	ААШВ-6-(3×70)	210

## **2 Проектирование светотехнической установки столовой**

### **2.1 Краткое описание технологического процесса в основных производственных цехах предприятия**

Нормы освещенности, ограничения слепящего действия светильников, пульсации освещенности и другие качественные показатели осветительных установок, виды и системы освещения должны приниматься согласно требованием СНиП - Естественное и искусственное освещение, 2003 г. И другим нормативным документом, утвержденным или согласованным Министерством РК.

Дневной свет может поступать в помещения с одной или нескольких сторон, сбоку или сверху, через наружные окна или через примыкающие части здания. При боковом освещении глубина участка, освещаемого дневным светом, зависит от высоты окна над рабочей площадью. Имеющиеся в настоящее время светонаправляющие системы дневного света также не могут принципиально преодолеть эту геометрическую зависимость. Однако они могут частично компенсировать дефицит освещенности, например, так или иначе, минимизировать влияние окружающей застройки.

Помещения, в которых по функциональным соображениям необходима большая глубина и которые должны освещаться дневным светом, необходимо обеспечивать дневным светом с нескольких сторон. Особое значение при этом приобретает разделение задач между фасадами относительно обеспечения помещений дневным светом и зрительной связи с окружающим пространством.

Искусственное освещение этого цехов выполняется в соответствии с нормами освещения.

Характер зрительных работ и условия среды в инструментальных цехах допускают использование открытых как диффузных, так и зеркальных ОП со степенью защиты IP20. Для освещения невысоких помещениях рационально использовать диффузное ОП типа ЛД, ЛСП02 с ЛЛ. Техничко-экономическое сопоставление ОУ с диффузными и зеркальными люминесцентными светильниками в помещениях высотой 6 - 12 м показало, что приведенные годовые затраты ОУ с диффузными СП выше, чем с зеркальными, в среднем на 10 - 26 %, а расход электроэнергии выше 28 – 32 %.

Для создания требуемых уровней освещенности на рабочих местах и лучшего освещения механизмов управления станками рекомендуется линии ОП размещать не над суппортами станков, а сдвигать их в сторону механизмов управления на 0,5 – 1 м, что наиболее важно при небольшой высоте установки ОП, когда возможно затенение пульта управления выступающими частями станка.

Аварийное освещение ЭП рекомендуется выполнять в большем, чем это требуется обще нормативными документами по освещению, объеме, например выделить для него каждый второй или третий осветительный

прибор. Надежность питания определяется от степени надежности электроснабжения предприятия в целом. В небольших электропомещениях допускается не устраивать стационарного аварийного освещения, а использовать в качестве резервного освещения переносные аккумуляторные фонари.

## 2.2 Краткое описание методов расчета освещения

а) Метод коэффициента использования светового потока позволяет определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности горизонтальной поверхности при общем равномерном освещении, или при заданном световом потоке определить освещенность.

Основное уравнение метода [9]:

$$\Phi = \frac{E_{\min} S z k}{N \eta} \quad ;(2.1)$$

где  $\Phi$  – расчетный световой поток в каждой из ламп, лм;

$E_{\min}$  – минимальная освещенность, (лк);

$k$  – коэффициент запаса;

$S$  – площадь помещения, ( $m^2$ );

$N$  – число светильников;

$\eta$  – коэффициент использования светового потока;

$z$  – отношение средней освещенности к минимальной.

Для определения коэффициента использования светового потока необходимо рассчитать индекс помещения.

При выборе мощности источника света определяется величина отклонения расчетного светового потока и светового потока выбранной лампы (допускается  $-10 \div +20\%$ ).

б) Точечный метод дает возможность определить световой поток ламп, необходимый для создания заданной освещенности при любом расположении поверхности и светильников при условии, что отраженный световой поток от стен и потолка не играет существенную роль. Применение этого метода обязательно при расчете локализованного, местного и наружного освещения, а также освещения наклонных поверхностей.

Основное уравнение метода [9]:

$$\Phi = \frac{1000 E_{\min} k}{\mu \Sigma e} \quad ;(2.2)$$

где  $\Phi$  - расчетная величина светового потока лампы, (лм);  
 $E_{\text{мин}}$  - минимальная освещенность, (лк);  
 $k$  - коэффициент запаса;  
 $\mu$  - коэффициент, учитывающий отраженную составляющую светового потока;  
 $\Sigma e$  - суммарная освещенность для наихудшей точки, (лк).

Значение  $\Sigma e$  определяется сравнением величин  $\Sigma e$  для нескольких характерных точек. Определение  $e$  от каждого светильника производится с помощью графиков пространственных изолюкс.

При проведении прямого расчета точечным методом (по известному расположению светильников и заданной минимальной освещенности) определяется величина расчетного светового потока. Выбор стандартной лампы производится как в расчете по методу коэффициента использования светового потока.

При проведении обратного расчета точечным методом (по известному расположению светильников и мощности источника света определяется освещенность в заданной точке) аналогично прямому расчету определяется  $\Sigma e$  и из формулы (3.2) рассчитывается значение освещенности.

в) Метод расчета по удельной мощности используется в следующих случаях: для предварительного определения установленной мощности осветительной установки; для приблизительной оценки правильности проведения светотехнического расчета; при проектировании освещения небольших и средних помещений, не требующих точных работ.

Исходными данными для проектирования является тип выбранного светильника, минимальная освещенность, высота и площадь помещения. По этим данным выбирается величина удельной мощности, умножением которой на площадь помещения определяется суммарная мощность ламп  $P_{\text{уст}}$ . Основное уравнение метода [9]:

$$P_{\text{расч}} = \frac{P_{\text{уст}}}{N}; \quad (2.3)$$

Затем по формуле рассчитывается мощность одной лампы. Наивыгоднейшее число светильников  $N$  в этом случае определяется так же, как в расчетах по методу коэффициента использования светового потока. Затем по величине расчетной мощности выбирается из соответствующих справочников лампа с ближайшей мощностью.

Результаты расчета осветительной установки сводятся в Светотехническую ведомость расчета освещения методом коэффициента использования и его проверки по удельной мощности и точечным методом.

## 2.3 Расчет осветительных установок помещений предприятия

Планы и размеры производственных помещений, для которых производится светотехнический расчет, представлены на рисунке 2.1.

Для указанных помещений необходимо выполнить следующие мероприятия:

1. выбрать тип источника света;
2. выбрать систему и вид освещения;
3. выбрать освещенность и коэффициент запаса;
4. выбрать тип светильника;
5. произвести размещение светильников;
6. рассчитать осветительную установку по методу коэффициента использования светового потока;
7. проверить расчет освещения по методу удельной мощности;
8. проверить расчет освещения по точечному методу.

Столовая

Произведем расчет освещенности для столовой.

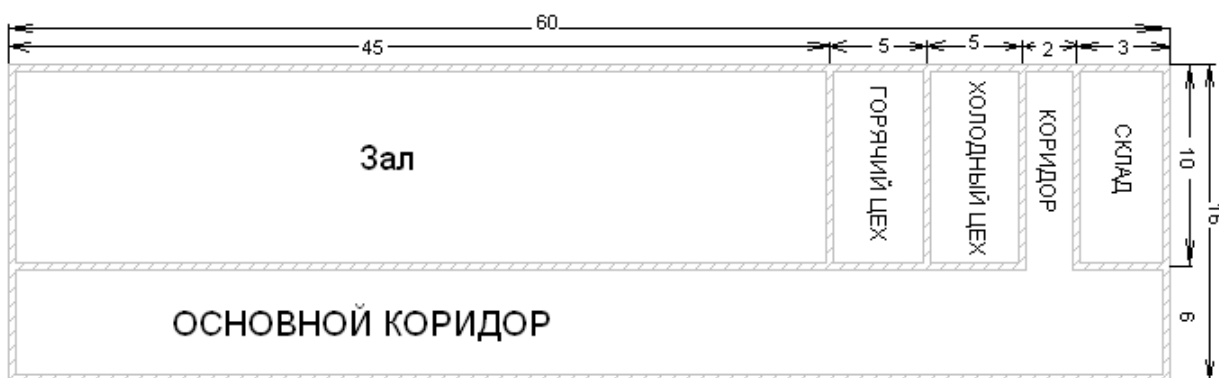


Рисунок 2.1 – Генплан столовой

Зал

Произведем расчет освещенности для зала (рисунок 2.2).

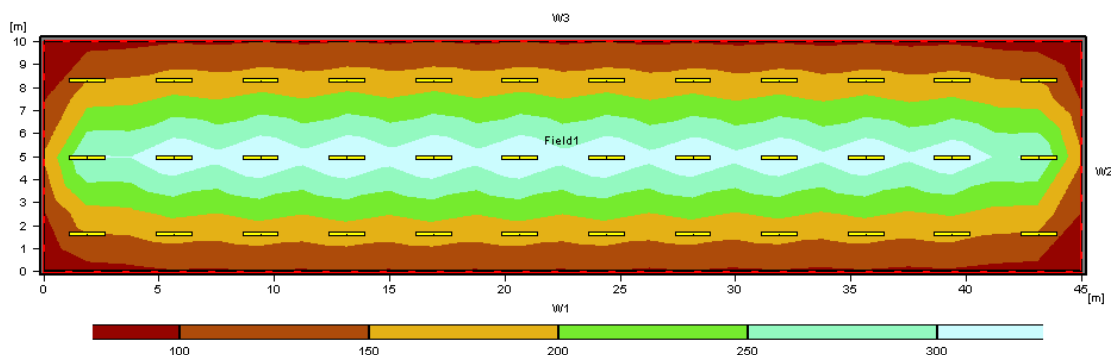


Рисунок 2.2 – Схема расположения светильников



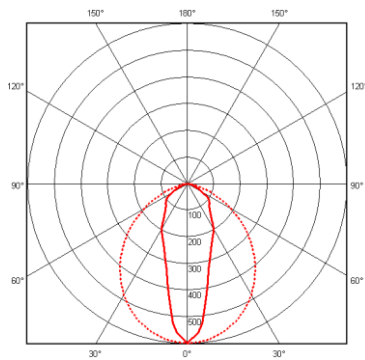


Рисунок 2.3 – Светотехнические данные светильника

Исходные данные:

Размеры помещения  $W_1 \times W_2 = 45 \times 10$  (м × м),

Высота помещения  $H = 4,5$  (м),

Коэффициенты отражения  $\rho_c = 70 \%$ ,  $\rho_n = 50 \%$ ,  $\rho_p = 30 \%$ .

1. В качестве источника света выбираем люминесцентные лампы NORKA.

2. Выбираем систему общего освещения с равномерным размещением светильников.

3. По СНиП нормируемая освещенность  $E_n = 200$  (лк),

Коэффициент запаса  $K_z = 1,5$ .

4. Выбираем тип светильника исходя из наших условий NORKA HAMM mit SSR-Tiefstrahler. Технические характеристики светильника: ширина 173 (мм), высота 159 (мм), длина 1537, мощность 58 (Вт), световой поток 5200 (лм). (Рисунок 5.3)

5. Произведем размещение светильников.

Расстояние между рядами составит 3 (м), расстояние от крайних рядов до стен 2 (м), общее количество 36 (шт).

а) Расчет по методу коэффициента использования:

1 Найдем индекс помещения и определим коэффициент использования  $\eta$

$$i = \frac{S_n}{h \cdot (A + B)} = \frac{450}{3,2(45 + 10)} = 2,5$$

Тогда коэффициент использования светового потока составит  $\eta = 0,79$

2 Определим необходимый световой поток светильника

$$\Phi = \frac{200 \cdot 450 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{3 \cdot 0,79} = 62658(\text{лм}).$$

3 Определим число светильников в ряду:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_n} = \frac{62658}{5200} = 12 (\text{шт}).$$

б) Расчет по точечному методу:

Изобразим схему расположения светильников в помещении (рисунок 2.4)

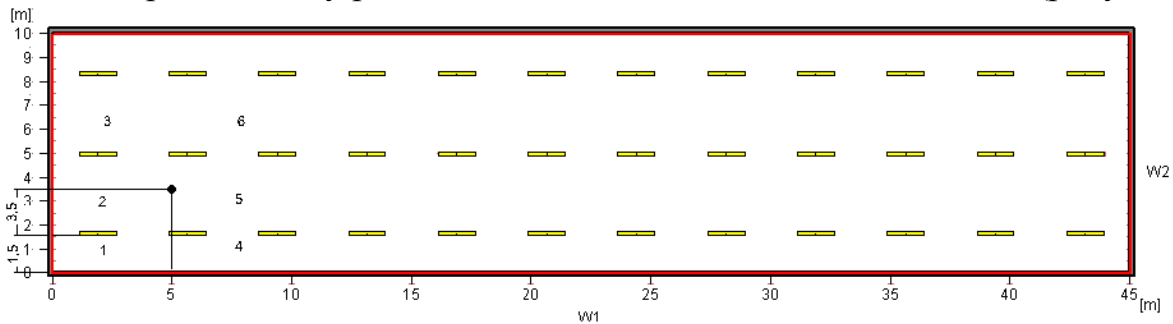


Рисунок 2.4 – План расположения светильников в зале

2. Для расчета строим таблицу 2.1. Произведем расчет относительной освещенности от 3-х рядов, освещающих эту точку.

3. Из рисунка 5.4 определяем относительные величины.

Для полуряда 1 и 2:

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{1,75}{3,2} = 0,875 \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{5}{3,2} = 1,56$$

Для полуряда 3:

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{5,25}{3,2} = 1,64 \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{40}{3,2} = 12,5$$

Для полуряда 4 и 5:

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{1,75}{3,2} = 0,875 \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{5}{3,2} = 1,56$$

Для полуряда 6:

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{5,25}{3,2} = 1,64 \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{40}{3,2} = 12,5$$

4. По кривым равных значений относительной освещенности для светильника, NORKA HAMM mit SSR-Tiefstrahler находим  $e$ .

Таблица 2.1 – К точечному методу расчета зала

Полуряд	$p$	$p'$	$L$	$L'$	$e$
1 и 2	1,75	0,875	5	1,56	135
3	5,25	1,64	5	1,56	38
4 и 5	1,75	0,875	40	12,5	150
6	5,25	1,64	40	12,5	21
				$\Sigma e$	629

5. Найдем необходимую плотность светового потока с учетом  $\mu = 1,1$ .

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa \cdot h_{расч}}{\mu \Sigma e} = \frac{1000 \cdot 200 \cdot 1,5 \cdot 3,2}{1,1 \cdot 629} = 1387,4 \text{ (лм/м)}.$$

6. Определим полный световой поток ламп в каждом ряду:

$$\Phi = \Phi' \cdot L = 1387,4 \cdot 45 = 62436 \text{ (лм)}.$$

7. Определим число светильников в одном ряду:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{св}} = \frac{62436}{5200} = 12 \text{ (шт)}.$$

По каталогу ближайшая стандартная лампа 58 Вт имеет световой поток  $\Phi=5200$  лм, что превышает расчетное значение на 0,05 %

в) Расчет по методу удельной мощности:

1. Определим значение удельной мощности

при освещенности 100 лк  $P_{уд \text{ табл}} = 2,4 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,

при освещенности 200 лк  $P_{уд} = P_{уд \text{ табл}} \cdot 2 = 2,4 \cdot 2 = 4,8 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,

суммарная мощность светильников:

$$P_{сум} = P_{уд} \cdot S = 4,8 \cdot 450 = 2160 \text{ (Вт)},$$

тогда количество светильников:

$$N = \frac{P_{сум}}{P_{св}} = \frac{2160}{58} = 37,2 \approx 36 \text{ (шт)}.$$

Так как метод расчета по удельной мощности является приближенным, то к установке принимаем 36 светильников, как было просчитано ранее методом коэффициента использования.

### Горячий цех

Произведем расчет освещенности для горячего цеха .

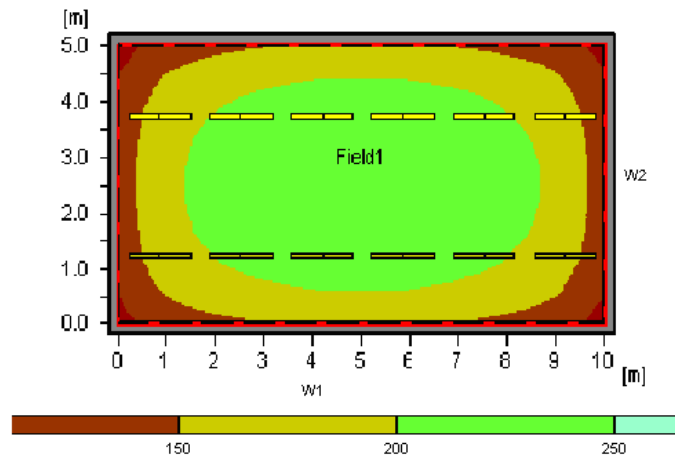


Рисунок 2.5 – План горячего цеха

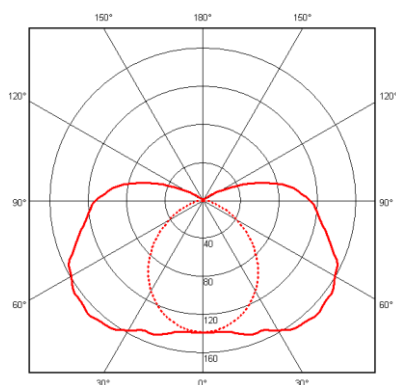


Рисунок 2.6 – Светотехнические данные светильника

Исходные данные:

Размеры помещения  $W_1 \times W_2 = 10 \times 5$  (м × м)

Высота помещения  $H = 4,5$  (м)

Коэффициенты отражения  $\rho_c = 70\%$ ,  $\rho_{п} = 50\%$ ,  $\rho_{р} = 30\%$

1. В качестве источника света выбираем люминесцентные лампы Tulux
2. Выбираем систему общего освещения с равномерным размещением светильников.

3. По СНиП нормируемая освещенность  $E_n = 200$  (лк)

Коэффициент запаса  $K_z = 1,5$ .

4. Выбираем тип светильника исходя из наших условий Tulux 136К-7Е
- Технические характеристики светильника: ширина 100 мм, высота 114 мм, длина 1270, мощность 36 Вт, световой поток 3350 лм, высота подвеса 0,5 м.

5. Произведем размещение светильников.

Расстояние между рядами составит 2,5метра.

Расстояние от крайних рядов до стен 1,25метра

а) Расчет по методу коэффициента использования:

1 Найдем индекс помещения и определим коэффициент использования  $\eta$

$$i = \frac{S_n}{h \cdot (A + B)} = \frac{50}{3,3(10 + 5)} = 1,01$$

Тогда коэффициент использования светового потока составит  $\eta = 0,41$

2 Определим необходимый световой поток светильника;

$$\Phi = \frac{200 \cdot 50 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,2} = 41250 \text{ (лм)}$$

6.3 Определим число светильников в ряду:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_n} = \frac{41250}{3350} = 12,31 \approx 12 \text{ (шт.)}$$

По каталогу ближайшая стандартная лампа 36 Вт имеет световой поток  $\Phi=3350$  (лм) что меньше расчетного значения на 0,005 %

б) Расчет по точечному методу:

1. Изобразим схему расположения светильников в помещении.

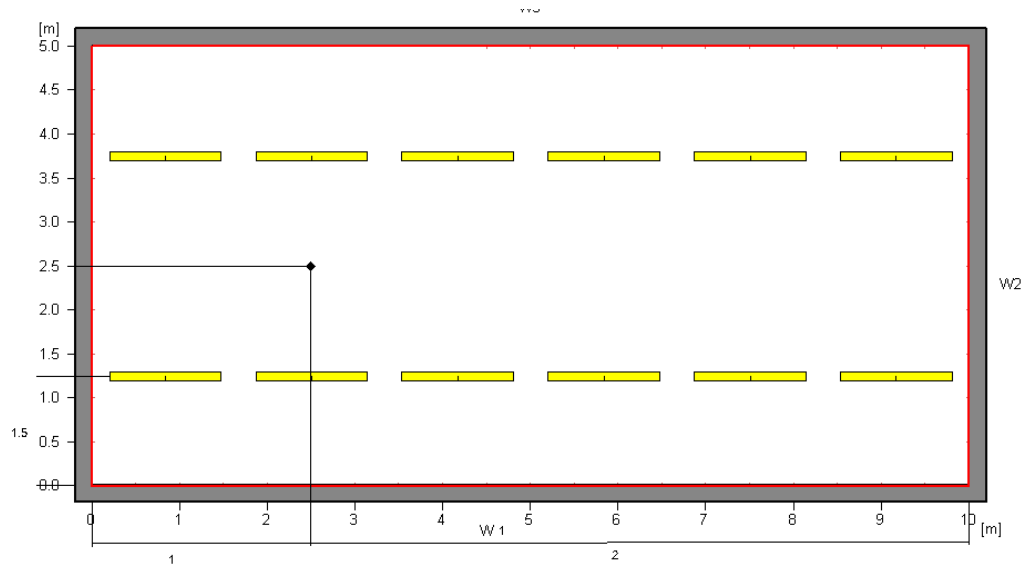


Рисунок 2.7 – План расположения светильников в горячем цехе

2. Для расчета строим таблицу 5.2. Произведем расчет относительной освещенности от 2-х рядов, освещающих эту точку.

3. Из рисунка 5.7 определяем относительные величины.

Для отрезка 1

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{1,25}{3,3} = 0,37; \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{2,5}{3,3} = 0,83.$$

Для отрезка 2

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{1,25}{3,3} = 0,37; \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{7,5}{3,3} = 2,27.$$

4. По кривым равных значений относительной освещенности для светильника Tulux 136К-7Е находим  $e$

Таблица 2.2 - К точечному методу расчета горячего цеха

№ отрезка	p	p'	L	L'	e
1	1,25	0,37	2,5	0,83	77
1	1,25	0,37	2,5	0,83	77
2	1,25	0,37	7,5	2,27	120
2	1,25	0,37	7,58	2,27	120
				$\Sigma e$	394

5. Найдем необходимую плотность светового потока с учетом  $\mu = 1,1$ .

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa \cdot h_{расч}}{\mu \sum e} = \frac{1000 \cdot 200 \cdot 1,5 \cdot 3,3}{1,1 \cdot 424} = 2122,64 \text{ (лм/м)}.$$

6. Определим полный световой поток ламп в каждом ряду:

$$\Phi = \Phi' \cdot L = 2122,64 \cdot 10 = 22844 \text{ (лм)}.$$

7. Определим число светильников в одном ряду:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{св}} = \frac{21226}{3350} = 6,33 \approx 6 \text{ (шт)}.$$

в) Расчет по методу удельной мощности:

1. Определим значение удельной мощности

при освещенности 100 лк  $P_{уд \text{ табл}} = 4,3 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,

при освещенности 200 лк  $P_{уд} = P_{уд \text{ табл}} \cdot 2 = 4,3 \cdot 2 = 8,6 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,

суммарная мощность светильников:

$$P_{уст} = P_{уд} \cdot S = 8,6 \cdot 50 = 430 \text{ (Вт)},$$

тогда количество светильников:

$$N = \frac{P_{уст}}{P_{св}} = \frac{430}{36} = 11,9 \approx 12 \text{ (шт)}.$$

Так как метод расчета по удельной мощности является приближенным, то к установке принимаем 12 светильник, как было просчитано ранее методом коэффициента использования.

Склада

Произведем расчет освещенности для склада.

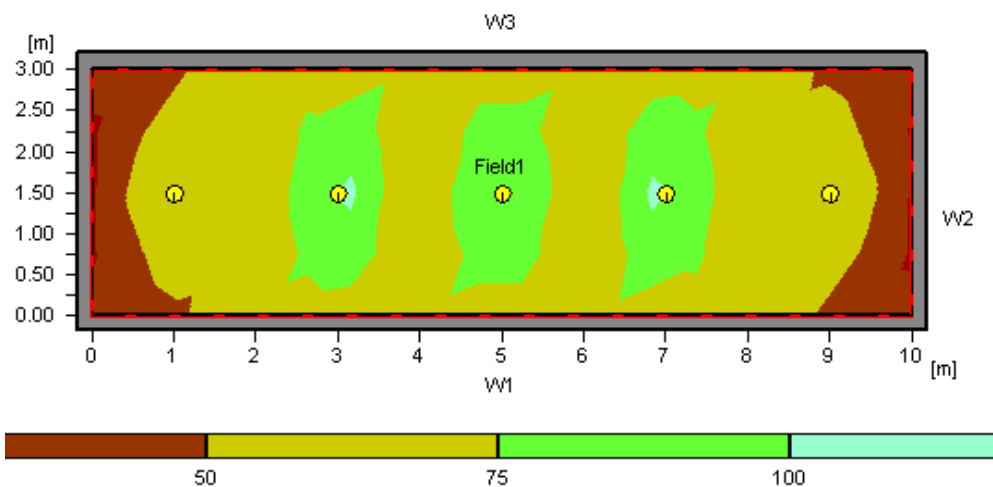


Рисунок 2.8 – План расположения светильников

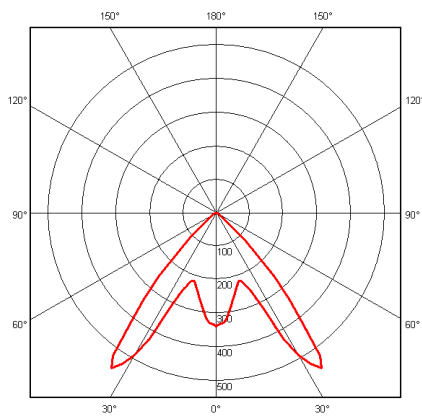


Рисунок 2.9 – Светотехнические данные светильника

Исходные данные:

Размеры помещения  $W_1 \times W_2 = 10 \times 3$  (м × м)

Высота помещения  $H = 4,5$  (м)

Коэффициенты отражения  $\rho_c = 70 \%$ ,  $\rho_n = 50 \%$ ,  $\rho_p = 10 \%$

1. В качестве источника света выбираем лампы накаливания фирмы Tulux

2. Выбираем систему общего освещения с равномерным размещением светильников.

3. По СНиП нормируемая освещенность  $E_n = 75$  (лк), Коэффициент запаса  $K_z = 1,5$ .

4. Выбираем тип светильника исходя из наших условий Pendant luminaire. Технические характеристики светильника: диаметр 205 (мм), высота 243 (мм), мощность 100 (Вт), световой поток 1380 (лм).

5. Произведем размещение светильников.

Расстояние между светильниками составит 2 (м),

Расстояние от крайних светильников до стен 1 (м),

Общее количество светильников 5 (шт).

а) Расчет по методу коэффициента использования:

1 Найдем индекс помещения и определим коэффициент использования  $\eta$

$$i = \frac{S_n}{h \cdot (A + B)} = \frac{30}{4 \cdot (10 + 3)} = 0,57 \approx 0,6$$

Тогда коэффициент использования светового потока составит  $\eta = 0,53$

2 Определим необходимый световой поток светильника

$$\Phi = \frac{75 \cdot 30 \cdot 1,15 \cdot 1,5}{5 \cdot 0,53} = 1464,62 \text{ (лм)}.$$

По каталогу ближайшая стандартная лампа 100 Вт имеет световой поток  $\Phi = 1380$  (лм) что превышает расчетное значение на 5,7 %

б) Расчет по точечному методу:

1. Изобразим схему расположения светильников в помещении.

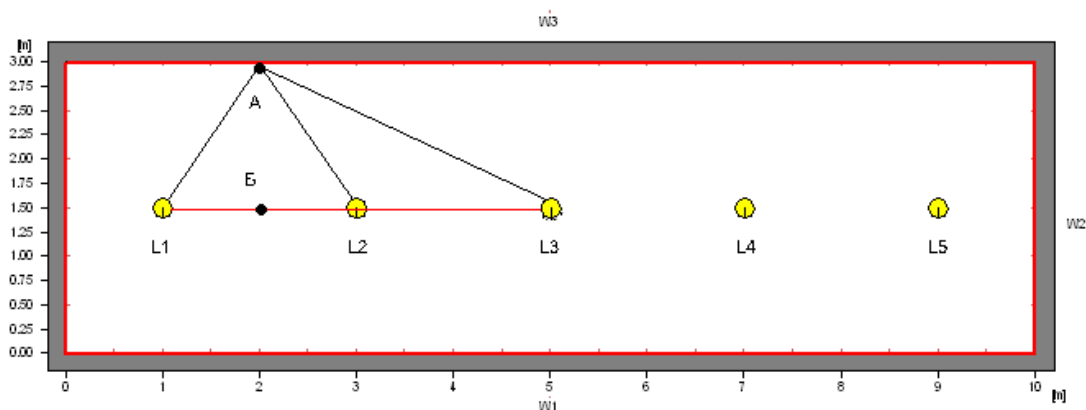


Рисунок 2.10 – План размещения светильников на складе

2. Для расчета строим таблицу 2.3. Произведем расчет относительной освещенности от 3-х светильников, освещающих эту точку.

3. Из рисунка 5.10 определяем относительные величины.

4. По кривым равных значений относительной освещенности для светильника Pendant luminaire находим  $e$ .

Таблица 2.3 - К точечному методу расчета склада

Точка	№ светильник а	Расстояние d, м	Число светильников, n	Условная освещенность $\epsilon$ , лк	
				$\epsilon$	$\epsilon \cdot n$
А	1,2	1,8	2	14	28
	3	3,4	1	16	16
				$\sum \epsilon = 72 \text{ лк}$	
Б	1,2	1	2	16	32
	3	3	1	13	13
				$\sum \epsilon = 77 \text{ лк}$	

5. Найдем необходимую плотность светового потока с учетом  $\mu = 1,1$ .

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa \cdot h_{расч}}{\mu \sum e} = \frac{1000 \cdot 75 \cdot 1,5}{1,1 \cdot 72} = 1420 (\text{лм} / \text{м}) .$$

6 По таблице ближайшая стандартная лампа 100 Вт имеет световой поток  $\Phi = 1380$  лм.

Что ниже расчетное значение на 2,8%

в) Расчет по методу удельной мощности:

1. Определим значение удельной мощности;



при освещенности 100 лк  $P_{уд\ табл} = 24 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,  
 при освещенности 75 лк  $P_{уд} = P_{уд\ табл} \cdot 0,75 = 24 \cdot 0,75 = 18 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,  
 суммарная мощность светильников:

$$P_{уст} = P_{уд} \cdot S = 18 \cdot 30 = 540 \text{ (Вт)},$$

тогда количество светильников:

$$N = \frac{P_{уст}}{P_{св}} = \frac{540}{100} \approx 5 \text{ (шт.)}.$$

### Коридора №1

Произведем расчет освещенности для коридора.

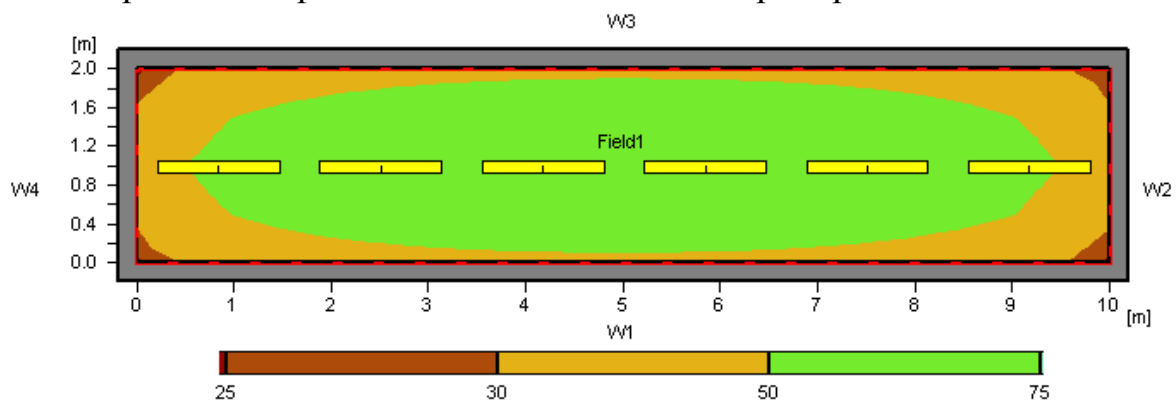


Рисунок 2.11 – Схема расположения светильников

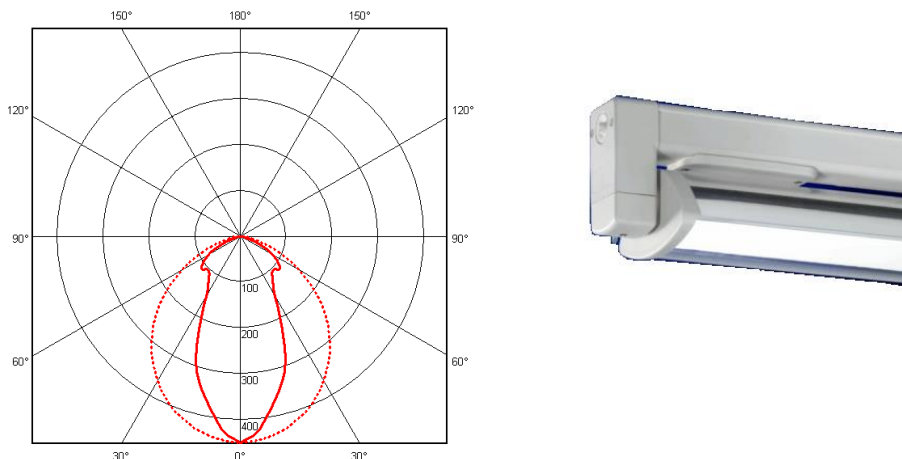


Рисунок 2.12 – Светотехнические данные светильника

#### Исходные данные

Размеры помещения  $W_1 \times W_2 = 10 \times 2 \text{ (м} \times \text{м)}$ ,

Высота помещения  $H = 4,5 \text{ (м)}$ ,

Коэффициенты отражения  $\rho_c = 70 \%$ ,  $\rho_{п} = 50 \%$ ,  $\rho_{р} = 30 \%$ .

1. В качестве источника света выбираем люминесцентные лампы NORKA Safety 36 (Вт).

2. Выбираем систему общего освещения с равномерным размещением светильников.

3. По СНиП нормируемая освещенность  $E_n = 50$  (лк),  
Коэффициент запаса  $K_z = 1,5$

4. Выбираем тип светильника исходя из наших условий NORKA Engstrahler. Технические характеристики светильника: ширина 130 (мм), высота 138 (мм), длина 1251 (мм), мощность 36 (Вт), световой поток 840 (лм).

5. Произведем размещение светильников.

Расстояние между светильниками составит 0,4 (м),

Расстояние от крайних светильников до стен 0,2 (м).

а) Расчет по методу коэффициента использования:

1 Найдем индекс помещения и определим коэффициент использования  $\eta$

$$i = \frac{S_n}{h \cdot (A + B)} = \frac{20}{4 \cdot (10 + 2)} = 0,41$$

Тогда коэффициент использования светового потока составит  $\eta = 0,32$

2 Определим по формуле необходимый световой поток светильника.

$$\Phi = \frac{50 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{6 \cdot 0,32} = 859,37 (\text{лм})$$

По каталогу ближайшая стандартная лампа 100 Вт имеет световой поток  $\Phi=840$  (лм), что превышает расчетное значение на 2,26 %

б) Расчет по точечному методу:

1. Изобразим схему расположения светильников в помещении.

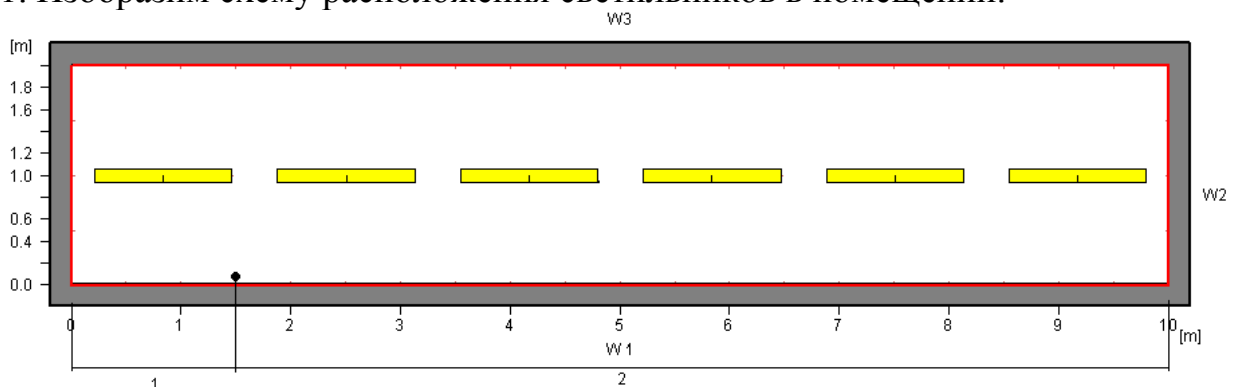


Рисунок 2.13 – План расположения светильников в коридоре

2. Для расчета строим таблицу 2.4. Произведем расчет относительной освещенности от одного ряда, освещающего эту точку.

3. Из рисунка 2.13 определяем относительные величины.

Для отрезка 1:

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{1}{4} = 0,25; \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{1,5}{4} = 0,375.$$

Для отрезка 2:

$$p' = \frac{p}{h_{расч}} = \frac{1}{4} = 0,25; \quad L' = \frac{l}{h_{расч}} = \frac{8,5}{4} = 2,125$$

4. По кривым равных значений относительной освещенности для светильника NORKA Engstrahler находим  $e$ .

Таблица 2.4 - К точечному методу для расчета коридора

№ отрезка	p	p'	L	L'	e
1	1	0,25	1,5	0,375	185
2	1	0,25	8,5	2,125	125
				$\Sigma e$	310

5. Найдем необходимую плотность светового потока с учетом  $\mu = 1,1$ .

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa \cdot h_{расч}}{\mu \Sigma e} = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 4}{1,1 \cdot 310} = 879 \text{ (лм/м)}$$

По каталогу ближайшая стандартная лампа 100 Вт имеет световой поток  $\Phi=840$  (лм) что превышает расчетное значение на 4,52 %

6. Определим полный световой поток ламп в ряду:

$$\Phi = \Phi' \cdot L = 879 \cdot 6 = 5040 \text{ лм}$$

в) Расчет по методу удельной мощности:

1. Определим значение удельной мощности

при освещенности 100 лк  $P_{уд \text{ табл}} = 12,5$  (Вт/м<sup>2</sup>)

при освещенности 50 лк  $P_{уд} = P_{уд \text{ табл}} \cdot 0,5 = 12,5 \cdot 0,5 = 6,25$  (Вт/м<sup>2</sup>)

суммарная мощность светильников:

$$P_{уст} = P_{уд} \cdot S = 6,25 \cdot 6 = 37,5 \text{ (Вт)}$$

тогда количество светильников:

$$N = \frac{P_{уст}}{P_{св}} = \frac{37,5}{36} \approx 6 \text{ (шт)}$$

Так как метод расчета по удельной мощности является приближенным, то к установке принимаем 6 светильников, как было просчитано ранее.

Коридор №2

Произведем расчет освещенности.

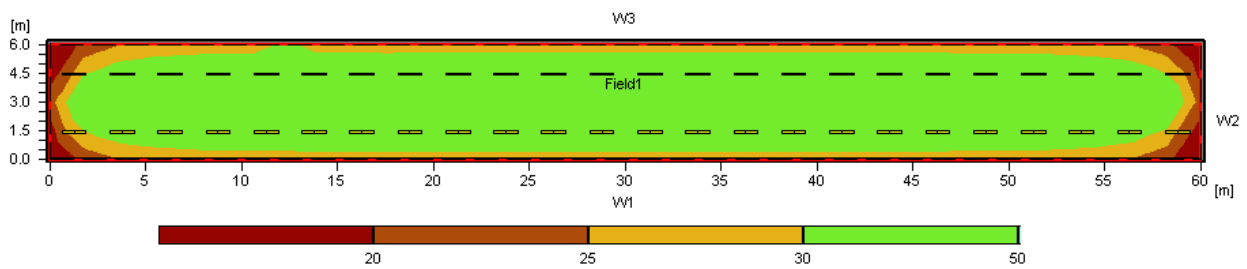


Рисунок 2.14 – Схема расположения светильников в коридоре № 2

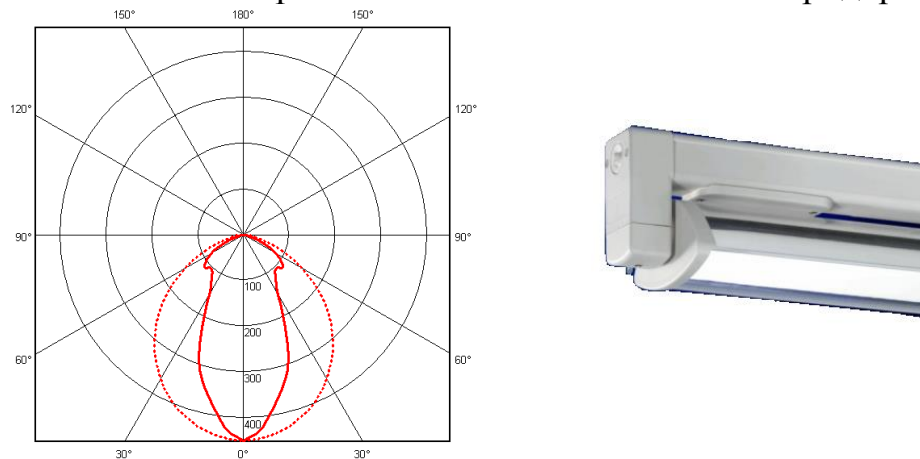


Рисунок 2.15 – Светотехнические данные светильника

#### Исходные данные

Размеры помещения  $W_1 \times W_2 = 60 \times 6$  (м × м),

Высота помещения  $H = 4,5$  (м),

Коэффициенты отражения  $\rho_c = 70 \%$ ,  $\rho_n = 50 \%$ ,  $\rho_p = 30 \%$ .

1. В качестве источника света выбираем люминесцентные лампы NORKA Safety 36 (Вт)

2. Выбираем систему общего освещения с равномерным размещением светильников.

3. По СНиП нормируемая освещенность  $E_n = 50$  (лк), Коэффициент запаса  $K_z = 1,5$

4. Выбираем тип светильника исходя из наших условий NORKA Engstrahler. Технические характеристики светильника: ширина 130 (мм), высота 138 (мм), длина 1251 (мм), мощность 36 (Вт), световой поток 840 (лм).

5. Произведем размещение светильников.

Расстояние между рядами составит 3 (м),

Расстояние от крайних рядов до стен 1,5 (м)

а) Расчет по методу коэффициента использования:

1 Найдем индекс помещения и определим коэффициент использования  $\eta$

$$i = \frac{S_n}{h \cdot (A + B)} = \frac{270}{4(45 + 6)} = 1.32$$

Тогда коэффициент использования светового потока составит  $\eta = 0,54$   
 2 Определим необходимый световой поток светильника

$$\Phi = \frac{50 \cdot 360 \cdot 1,1 \cdot 1,5}{2 \cdot 0,36} = 41250 \text{ (лм)}$$

3 Определим число светильников в ряду:

$$N = \frac{\Phi}{2 \cdot \Phi_{\text{л}}} = \frac{41250}{2 \cdot 840} = 24,55 \approx 24 \text{ (шт)}$$

По каталогу ближайшая стандартная лампа 36 Вт имеет световой поток  $\Phi=840$  (лм) что меньше расчетного значения на 2,3 %

б) Расчет по точечному методу:

1. Изобразим схему расположения светильников в помещении.

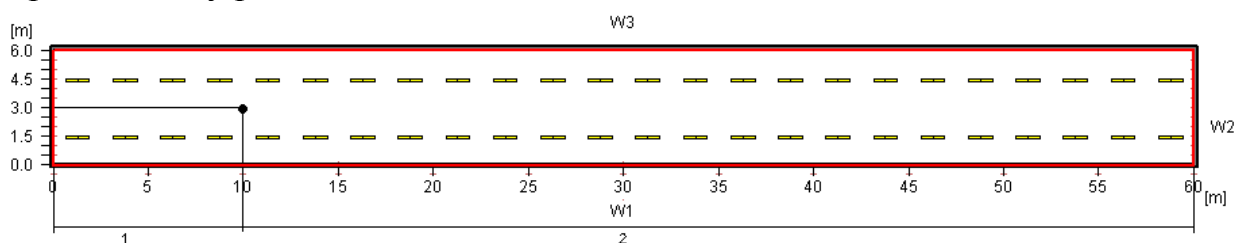


Рисунок 2.16 – План размещения светильников в коридоре №2

2. Для расчета строим таблицу 2.5. Произведем расчет относительной освещенности от одного ряда, освещающего эту точку.

3. Из рисунка 5.16 определяем относительные величины

Для отрезков 1:

$$p' = \frac{p}{h_{\text{расч}}} = \frac{1,5}{4} = 0,375; \quad L' = \frac{l}{h_{\text{расч}}} = \frac{10}{4} = 2,5.$$

Для отрезков 2:

$$p'_2 = \frac{p}{h_{\text{расч}}} = \frac{1,5}{4} = 0,375; \quad L'_2 = \frac{l}{h_{\text{расч}}} = \frac{50}{4} = 12,5.$$

4. По кривым равных значений относительной освещенности для светильника NORKA Engstrahler находим  $e$ .

Таблица 2.5 - К точечному методу для коридора №2

№ отрезка	$p'$	$L'$	$e$
1	0,375	2,5	373
2	0,375	12,5	395
$\Sigma e$			768320

5. Найдем необходимую плотность светового потока с учетом  $\mu = 1,1$ .

$$\Phi' = \frac{1000 \cdot E_n \cdot \kappa \cdot h_{расч}}{\mu \Sigma e} = \frac{1000 \cdot 50 \cdot 1,5 \cdot 4}{1,1 \cdot 768} = 355,1 \text{ (лм/м)}.$$

6. Определим полный световой поток ламп в ряду:

$$\Phi = \Phi' \cdot L = 355 \cdot 60 = 21300 \text{ (лм)}.$$

7. Определим число светильников в одном ряду:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{св}} = \frac{21300}{5200} = 25,3 \text{ (шт)}.$$

в) Расчет по методу удельной мощности:

1. Определим значение удельной мощности

при освещенности 100 лк  $P_{уд \text{ табл}} = 10 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,

при освещенности 50 лк  $P_{уд} = P_{уд \text{ табл}} \cdot 0,5 = 10 \cdot 0,5 = 5 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$ ,

суммарная мощность светильников:

$$P_{уст} = P_{уд} \cdot S = 5 \cdot 1800 = 90 \text{ (Вт)},$$

тогда количество светильников:

$$N = \frac{P_{уст}}{P_{св}} = \frac{90}{36} = 2,5 \text{ (шт)}.$$

Так как метод расчета по удельной мощности является приближенным, то к установке принимаем 48 светильников, как было просчитано ранее.

## 2.4 Расчет освещения с использованием компьютерных программ (General Electrics, Relux Professional 2004.)

Склад

Расчет производим с помощью программы Relux 2004 Professional.

Для освещения склада цеха используем светильники фирмы Tulux типа Penda PM/100 HSE с лампами накаливания.

### Luminaire data

Luminaires efficiency	: 70
Control gear	: none
System power	: 100 W
Diameter	: 205 mm
Height	: 243 mm

### Equipped with

Number of	: 1
Designation	: IAA-Ш60/m
Power	: 100 W
Colour	: www/2700K
Luminous flux	: 1380 lm



### **3 Безопасность труда и жизнедеятельности**

#### **3.1 Анализ условий труда**

Улучшение условий труда на производстве связано с решением таких социально-экономических задач, как повышение производительности труда, повышение его качества, снижение потерь от заболеваемости и травматизма. В настоящее время основным направлением решения проблем охраны труда является переход от техники безопасности, к безопасной технике.

Отделочная фабрика текстильного комбината основывается на базе крупных производственных объединений, включая в себя красильные цеха, печатные отделы, механический цех, электроцех, химстанции красильного и печатного цехов, а также столовую.

В процессе производства возможно действие на рабочих следующих опасных и вредных факторов: движущихся машин и механизмов, подвижных частей производственного оборудования, передвигающихся изделий, заготовок, материалов, повышенной запыленности и загазованности воздуха рабочей зоны; повышенной или пониженной температуры воздуха рабочей зоны, повышенного уровня шума на рабочем месте; повышенной влажности воздуха рабочей зоны; повышенного значения напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; повышенного уровня статического электричества; повышенного уровня электромагнитных излучений; недостаточной освещенности рабочей зоны.

Основным источником загрязнения окружающей среды на отделочной фабрике текстильного комбината является:

Механический цех.

Механическая обработка металла на станках сопровождается выделением пыли, стружки, туманов масел и эмульсий, которые через вентиляционную систему выбрасывается из помещения. За 1 час при работе станков в расчет на 1 кВт, мощности, устанавливаемых на станках электродвигателей выделяется около 0,2г туманов масел и около 150 г паров воды.

В механическом цехе ширина постоянных проходов, свободных от оборудования и коммуникаций должна быть не менее 1м. Количество проходов определяется расположением оборудования.

Конвейеры, расположенные ниже уровня пола, должны закрываться сплошными или решетчатыми щитами, закрепленными на шарнирах заподлицо с полом. Металлические щиты должны иметь шероховатую поверхность. Ширина зазоров в решетчатых щитах не должна превышать 30мм. В тех случаях, когда по условиям технологического процесса конвейеры должны быть открытыми, их необходимо ограждать перилами и бортами.



В механическом цехе с высотой более 6м может быть устроен подвесной звукопоглощающий потолок на возможно меньшем расстоянии от технологического оборудования.

В механическом цехе где установлено оборудование, создающее повышенный уровень шума и допускающее дистанционное управление, рабочие места операторов должны размещаться в звукоизолирующих кабинах, обеспечивающих снижение уровня шума на рабочих местах на 6 – 8 дБ.

### 3.2 Расчетная часть

*Микроклимат и воздушная среда рабочей зоны.*

В помещении механического цеха за счет тепловыделений производственного оборудования имеют место избытки тепла (разность между тепловыделениями в помещении и теплоотдачи через стены, окна, двери и т.д.), удаление которых прежде всего должны обеспечить системы вентиляции.

При наличии теплоизбытков количество воздуха, которое необходимо удалить из помещения [14]:

$$L_b = Q_{\text{изб}} / C_b \Delta t \gamma_b, \quad (3.1)$$

где  $Q_{\text{изб}}$  – избыточное тепло, ккал/ч;

$C_b$  – теплоемкость воздуха (0,24 ккал/кг °С);

$\Delta t = t_{\text{вых}} - T_{\text{вх}}$ ;  $t_{\text{вых}}$  – температура воздуха, поступающего в помещение, °С;

$\gamma_b = 1,206 \text{ кг/м}^3$  – удельная масса приточного воздуха.

Величина  $\Delta t$  при расчетах выбирается в зависимости от теплонапряженности воздуха  $Q_n = Q_{\text{изб}} / V_n$

Если теплонапряженность воздуха  $Q_n \leq 20 \text{ ккал/м}^3 \text{ ч}$ , то принимают  $\Delta t = 6^\circ\text{С}$ , а при  $Q_n > 20$ ,  $\Delta t = 8^\circ\text{С}$ .

Избыточное тепло  $Q_{\text{изб}} = Q_{\text{об}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{р}} - Q_{\text{отд}}$ ,

где  $Q_{\text{об}}$ ,  $Q_{\text{осв}}$ ,  $Q_{\text{л}}$  – тепло, выделяемое производственным оборудованием, системой искусственного освещения помещения и работающим персоналом соответственно, ккал/ч;

$Q_{\text{р}}$  – тепло вносимое в помещение солнцем (солнечная радиация), ккал/ч;

$Q_{\text{отд}}$  – теплоотдача естественным путем, ккал/ч.

Тепло выделяемое производственным оборудованием,

$Q_{\text{об}} = 860 P_{\text{об}} \eta$ , где 860 тепловой эквивалент 1 кВт/ч;

$P_{\text{об}}$  – мощность, потребляемая оборудованием, кВт/ч;

$\eta$  – коэффициент перехода тепла в помещение.

$$P_{\text{об}} = 1,5 + 5,5 + 3 + 0,6 + 8 = 18,6 \text{ кВт},$$

$$Q_{об}=860 \cdot 18,6 \cdot 0,75=11997 \text{ ккал/м}^3$$

Тепло, выделяемое осветительными установками,

$$Q_{осв}=860P_{осв}\alpha\beta\text{Cos}\varphi \quad (3.2)$$

где  $P_{осв}$  – мощность осветительных установок, кВт,  
 $\alpha$  – КПД перевода электрической энергии в тепловую,  
 $\beta$  – КПД одновременности работы аппаратуры в помещении,  
 $\text{Cos}\varphi=0.7-0.8$  – коэффициент.

$$Q_{осв}=860 \cdot 15 \cdot 0,92 \cdot 1 \cdot 0,7=797 \text{ ккал/м}^3,$$

Тепло, выделяемое людьми,

$$Q_{л}=K_{л}(q-q_{исп}), \quad (3.3)$$

где  $K_{л}$ -количество работающих;  $(q-q_{исп})$  – явное тепло (определяется по графикам в зависимости от категории работы),  
 $q$  – тепловыделение одного человека при данной категории работы;  $q_{исп}$  – тепло, затраченное на испарение тела, ккал/ч.

$$Q_{л}=5 \cdot (175-135)=220 \text{ ккал/ч.}$$

Тепло, вносимое солнечной радиацией

$$Q_{р}=mFq_{ост}, \quad (3.4)$$

где  $m$  – количество окон в помещении,  
 $F$  – площадь одного окна,  $\text{м}^2$ ,  
 $q_{ост}$  – солнечная радиация через остекленную поверхность, площадь  $1 \text{ м}^2$  ккал/ч.

$$Q_{р}=1 \cdot 8 \cdot 110=880 \text{ ккал/ч.}$$

Будем считать что теплоотдача естественным путем через конструкции помещения приблизительно равна количеству тепла, вносимого в помещение солнечной радиацией через окна, т.е.  $Q_{отд}=Q_{р}$ . Тогда избыточное тепло, выделяемое в холодный период года:

$$Q_{изб}=11997+797+200+880-880=12997 \text{ ккал/ч,}$$

Напряжение воздуха:

$$Q_b = Q_{\text{изб}} / V_n = 12997 / 432 = 30,1 \text{ ккал/м}^3,$$

Тогда  $\Delta t = 8^\circ\text{C}$ .

Количество воздуха удаляемого из помещения:

$$L_b = Q_{\text{изб}} / C_b \Delta t \gamma_b = 12997 / 0,24 \cdot 8 \cdot 1,206 = 5612,9 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Кратность воздуха в холодный период

$$a = L_b / V_n = 5612,9 / 432 = 12,9 / \text{ час},$$

Рассчитаем кратность воздухообмена в теплый период года.

Тепло выделяемое людьми

$$Q_{\text{л}} = 5 \cdot (170 - 105) = 325 \text{ ккал/ч},$$

Будем считать, что теплоотдача естественным путем через конструкции помещения равна нулю, т.е.  $Q_{\text{отд}} = 0$ . Тогда избыточное тепло:

$$Q_{\text{изб}} = 11997 + 797 + 325 + 880 - 0 = 13999 \text{ ккал/ч},$$

Напряженность воздуха:

$$Q_n = Q_{\text{изб}} / V_n = 13999 / 432 = 32,4 \text{ ккал/м}^3,$$

Количество воздуха, удаляемого из помещения:

$$L_b = Q_{\text{изб}} / C_b \Delta t \gamma_b = 13999 / 0,24 \cdot 8 \cdot 1,206 = 6045,7 \text{ м}^3/\text{ч},$$

Кратность воздуха в холодный период

$$a = L_b / V_n = 6045,7 / 432 = 14 \text{ м}^3/\text{ час},$$

Для обеспечения стабильных параметров воздуха в рабочей зоне и надежности работы механической приточно-вытяжной вентиляции (серии У4–70 со скоростью вращения  $n = 800$  об/мин.) создается повышенное давление внутри здания (превышение притока над вытяжкой на 10 %). Повышенное давление внутри здания уменьшает неорганизованное перемещение воздушных масс в горизонтальном направлении и гарантирует надежную работу местных отсосов.

Расчет шума в механическом цехе

В заточном участке механического цеха необходимо определить октавные уровни звукового давления в расчетной точке помещения, в котором

работает два источника шума: заточный станок, точильно-шлифовальный станок. Данные расчета сравнить с нормируемыми уровнями звукового давления.

Источники расположены на полу ( $\Phi=1$ ). Источники шума находятся на расстоянии  $r$  от расчетной точки, которая расположена на высоте 1,5 м. от пола. Определить октавные уровни звукового давления в расчетной точке.

Исходными данными являются: объем помещения – 432 м<sup>3</sup>;  
 $l_{\max} = 1,2$  м, отношение  $V/S_{\text{огр}}=1,0$ ;

расстояние от ИШ1 до расчетной точки 1 –  $r_1 = 5$  м;

расстояние от ИШ1 до расчетной точки 2 –  $r_2 = 6,2$  м;

расстояние от ИШ1 до расчетной точки 3 –  $r_3 = 4$  м;

расстояние от ИШ2 до расчетной точки 1 –  $r_4 = 5$  м;

расстояние от ИШ2 до расчетной точки 2 –  $r_5 = 6,2$  м;

расстояние от ИШ2 до расчетной точки 3 –  $r_6 = 12,5$  м;

Таблица 3.1 - Уровень звуковой мощности источников шума

$\gamma$	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Lp1	78	85	85	84	83	81	81	80
Lp2	84	85	87	94	97	94	88	86

Октавные уровни звукового давления в расчетных точках помещения, в котором находится несколько источников шума, рассчитываются по следующим формулам:

в зоне прямого и отраженного звука [14]:

$$L = 10 \lg \left( \sum_{i=1}^m \frac{\Delta i \cdot \lambda_i \cdot \Phi_i}{S_i} + \frac{4\Psi}{B} \cdot \sum_{i=1}^n \Delta i \right) \quad (3.5)$$

где  $\lambda$  – коэффициент, учитывающий влияние ближайшего акустического поля и принимаемый в зависимости от отношения  $r$  к  $l_{\max}$ ,  $l_{\max}$  – максимальные габариты источника шума:

$$\lambda_{1,4}=1 \text{ так как } r/l_{\max} = 5/1,2=4,2$$

$$\lambda_{2,5}=1 \text{ так как } r/l_{\max} = 6,1/1,2=4,3$$

$$\lambda_3=1 \text{ так как } r/l_{\max} = 4/1,2=3,3$$

$$\lambda_6=1 \text{ так как } r/l_{\max} = 12,5/1,2=10$$

$\Phi$  – фактор напряженности источника шума, безразмерный определяемый опытным путем. Для ИШ с равномерным излучателем звука  $\Phi=1$ ;

$S$  – площадь воображаемой поверхности стен, перекрытия, то

$S = 4\pi r^2$  На поверхности стен, перекрытия, то  $S = 2\pi r^2$ , если в двухгранном углу, образованном ограждениями конструкции  $S = 2\pi r^2$ .

$$S_{1,4}=4 \cdot 3,14 \cdot 5^2=314 \text{ м}^2,$$

$$S_{2,5}=4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2=467 \text{ м}^2,$$

$$S_3=4 \cdot 3,14 \cdot 4^2=200,9 \text{ м}^2,$$

$$S_6=4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2=1962,5 \text{ м}^2;$$

$V$  – постоянная помещения на среднегеометрической частоте  
 $1000 \text{ Гц} = V/20 = 432/20 = 21,6 \text{ м}^3$  – частотный множитель;  $\Delta i=10^{0,1L_{pi}}$ ;

$L_p$  – октавный уровень звуковой мощности источника шума;

$m$  – количество источников, удовлетворяющих условию  $g_i < 5r_{max}$ ,  
 $m = 2$ ;

$n$  – количество всех ИШ  $\Psi = 2$ ; коэффициент учитывающий геометрические параметры ИШ, берется в зависимости от  $V/S_{огр}$  (СНиП) = 0,4.

По условию в помещении находится 2 источника шума, расчет ведем по формуле.

Схема расположения расчетных точек и источников шума

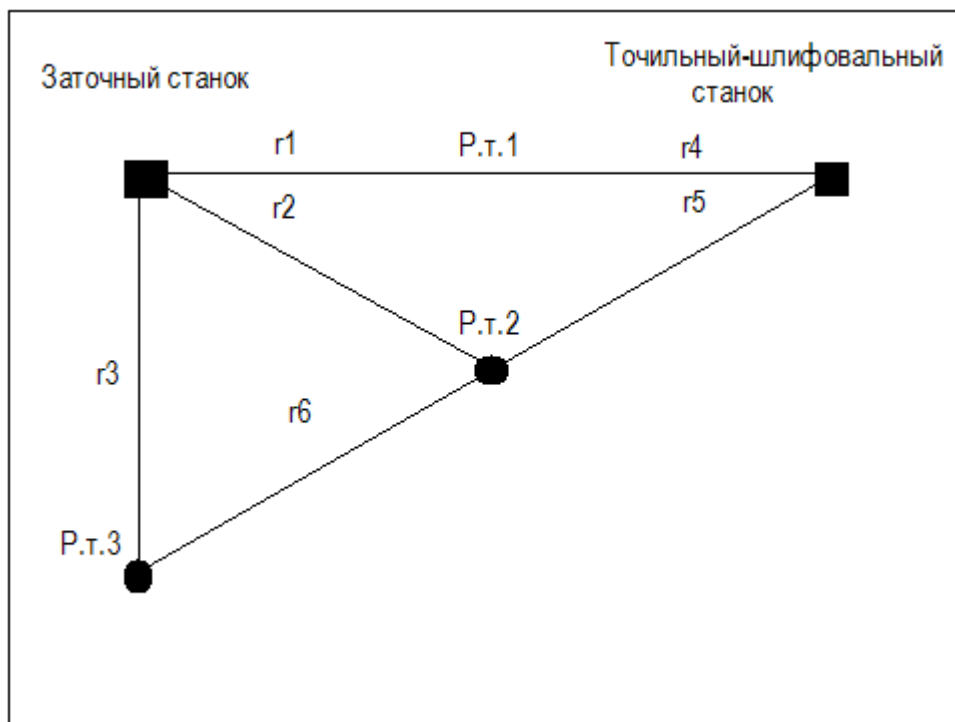


Рисунок 3.1 – Заточный участок механического цеха

Октавные уровни звукового давления при частоте 63 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1=10^{0,1L_{pi}}=63095734$$

$$\Delta i_2=10^{0,1L_{pi}}=25118864$$

$$V=V_{1000} \cdot \mu=21,6 \cdot 0,65=14,04$$

$$S_{1,4}=4 \cdot 3,14 \cdot 5^2=314 \text{ м}^2;$$

$$L=10 \lg(63095734 \cdot 1 \cdot 1/314 + 25118864 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/14,04) \cdot (63095734 + 25118864))=75,6 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 125 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 21,6 \cdot 0,62 = 13,4$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 314 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(316227766 \cdot 1 \cdot 1/314 + 316227766 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/13,4) \cdot (316227766 + 316227766)) = 82 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 250 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 501187233$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 13,8$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 314 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(316227766 \cdot 1 \cdot 1/314 + 501187233 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/13,4) \cdot (316227766 + 501187233)) = 84 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 500 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 251188643$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 2511886431$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 16,2$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 314 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(251188643 \cdot 1 \cdot 1/314 + 2511886431 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/16,2) \cdot (251188643 + 2511886431)) = 78,8 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 1000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 199526231$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 5011872336$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 21,6$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 314 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(199526231 \cdot 1 \cdot 1/314 + 5011872336 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/21,6) \cdot (199526231 + 5011872336)) = 90 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 2000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 125892541$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 2511886431$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 32,4$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 314 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(125892541 \cdot 1 \cdot 1/314 + 2511886431 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/32,4) \cdot (125892541 + 2511886431)) = 85 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 4000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 125892541$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 630957344$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 51,8$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 314 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(125892541 \cdot 1 \cdot 1/314 + 630957344 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/51,8) \cdot (125892541 + 630957344)) = 77,8 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 8000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 100000000$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 398107170$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 90,7$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 5^2 = 314 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(100000000 \cdot 1 \cdot 1/314 + 398107170 \cdot 1 \cdot 1/314 + (4 \cdot 0,4/90,7) \cdot (100000000 + 398107170)) = 73,7 \text{ дБ}$$

Данные расчета сведем в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 - Уровень звуковой мощности источников шума

V	63	125	250	500	100	2000	4000	8000
L	99	92	86	83	80	78	76	74
L <sub>н</sub>	75,6	84	84	78,8	90	85	77,8	73,7
ΔL	-	-	-	-	10	7	1,8	-

Уровень звукового давления превышает нормируемые значения

Октавные уровни звукового давления при частоте 63 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 63095734$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 251188643$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 21,6 \cdot 0,65 = 14,04$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(63095734 \cdot 1 \cdot 1/467 + 251188643 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/14,04) \cdot (63095734 + 251188643)) = 79,5 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 125 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$V = V_{1000} \cdot \mu = 21,6 \cdot 0,62 = 13,4$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(316227766 \cdot 1 \cdot 1/467 + 316227766 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/13,4) \cdot (316227766 + 316227766)) = 82,3 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 250 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 501187233$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 13,8$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(316227766 \cdot 1 \cdot 1/467 + 501187233 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/13,8) \cdot (316227766 + 501187233)) = 83,9 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 500 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 251188643$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 2511886431$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 16,2$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(251188643 \cdot 1 \cdot 1/467 + 2511886431 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/16,2) \cdot (251188643 + 2511886431)) = 88,3 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 1000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 199526231$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 5011872336$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 21,6$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(199526231 \cdot 1 \cdot 1/467 + 5011872336 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/21,6) \cdot (199526231 + 5011872336)) = 89,9 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 2000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 125892541$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 2511886431$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 32,4$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(125892541 \cdot 1 \cdot 1/467 + 2511886431 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/32,4) \cdot (125892541 + 2511886431)) = 85,2 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 4000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 125892541$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 630957344$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 51,8$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(125892541 \cdot 1 \cdot 1/467 + 630957344 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/51,8) \cdot (125892541 + 630957344)) = 77,7 \text{ дБ}$$



Октавные уровни звукового давления при частоте 8000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 100000000$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 398107170$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 90,7$$

$$S_{1,4} = 4 \cdot 3,14 \cdot 6,1^2 = 467 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(100000000 \cdot 1 \cdot 1/467 + 398107170 \cdot 1 \cdot 1/467 + (4 \cdot 0,4/90,7) \cdot (100000000 + 398107170)) = 73,6 \text{ дБ}$$

Данные расчета сведем в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 - Уровень звуковой мощности источников шума

V	63	125	250	500	100	2000	4000	8000
L	99	92	86	83	80	78	76	74
Lp	79,5	82,3	83,9	88,3	89,9	85,2	77,7	73,6
$\Delta L$	-	-	-	5,3	9,9	7,2	1,7	-

Уровень звукового давления превышает нормируемые значения

Октавные уровни звукового давления при частоте 63 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 63095734$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 251188643$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 21,6 \cdot 0,65 = 14,04$$

$$S_3 = 4 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6 = 4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2 = 1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(63095734 \cdot 1 \cdot 1/200,9 + 251188643 \cdot 1 \cdot 1/1962,5 + (4 \cdot 0,4/14,04) \cdot (63095734 + 251188643)) = 79,5 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 125 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 21,6 \cdot 0,62 = 13,4$$

$$S_3 = 4 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6 = 4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2 = 1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(316227766 \cdot 1 \cdot 1/200,9 + 316227766 \cdot 1 \cdot 1/1962,5 + (4 \cdot 0,4/13,4) \cdot (316227766 + 316227766)) = 82,8 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 250 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 316227766$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 501187233$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 13,8$$

$$S_3 = 4 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6 = 4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2 = 1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L=10\lg(316227766 \cdot 1 \cdot 1/200,9+501187233 \cdot 1 \cdot 1/1962,5+(4 \cdot 0,4/13,8) \cdot (316227766+501187233))=83,8 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 500 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1=10^{0,1L_{pi}}=251188643$$

$$\Delta i_2=10^{0,1L_{pi}}=2511886431$$

$$V=B_{1000} \cdot \mu=16,2$$

$$S_3=4 \cdot 3,14 \cdot 4^2=200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6=4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2=1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L=10\lg(251188643 \cdot 1 \cdot 1/200,9+2511886431 \cdot 1 \cdot 1/1962,5+(4 \cdot 0,4/16,2) \cdot (251188643+2511886431))=88,3 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 1000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1=10^{0,1L_{pi}}=199526231$$

$$\Delta i_2=10^{0,1L_{pi}}=5011872336$$

$$V=B_{1000} \cdot \mu=21,6$$

$$S_3=4 \cdot 3,14 \cdot 4^2=200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6=4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2=1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L=10\lg(199526231 \cdot 1 \cdot 1/200,9+5011872336 \cdot 1 \cdot 1/1962,5+(4 \cdot 0,4/21,6) \cdot (199526231+5011872336))=89,8 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 2000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1=10^{0,1L_{pi}}=125892541$$

$$\Delta i_2=10^{0,1L_{pi}}=2511886431$$

$$V=B_{1000} \cdot \mu=32,4$$

$$S_3=4 \cdot 3,14 \cdot 4^2=200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6=4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2=1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L=10\lg(125892541 \cdot 1 \cdot 1/200,9+2511886431 \cdot 1 \cdot 1/1962,5+(4 \cdot 0,4/32,4) \cdot (125892541+2511886431))=85,1 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 4000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1=10^{0,1L_{pi}}=125892541$$

$$\Delta i_2=10^{0,1L_{pi}}=630957344$$

$$V=B_{1000} \cdot \mu=51,8$$

$$S_3=4 \cdot 3,14 \cdot 4^2=200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6=4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2=1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L=10\lg(125892541 \cdot 1 \cdot 1/200,9+630957344 \cdot 1 \cdot 1/1962,5+(4 \cdot 0,4/51,8) \cdot (125892541+630957344))=77,7 \text{ дБ}$$

Октавные уровни звукового давления при частоте 8000 Гц в первой расчетной точке:

$$\Delta i_1 = 10^{0,1L_{pi}} = 100000000$$

$$\Delta i_2 = 10^{0,1L_{pi}} = 398107170$$

$$V = B_{1000} \cdot \mu = 90,7$$

$$S_3 = 4 \cdot 3,14 \cdot 4^2 = 200,9 \text{ м}^2;$$

$$S_6 = 4 \cdot 3,14 \cdot 12,5^2 = 1962,5 \text{ м}^2;$$

$$L = 10 \lg(100000000 \cdot 1 \cdot 1/200,9 + 398107170 \cdot 1 \cdot 1/1962,5 + (4 \cdot 0,4/90,7) \cdot (100000000 + 398107170)) = 73,5 \text{ дБ}$$

Данные расчета сведем в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 - Уровень звуковой мощности источников шума

V	63	125	250	500	100	2000	4000	8000
L	99	92	86	83	80	78	76	74
Lp	79,5	82,8	83,8	88,3	89,8	85,1	77,7	73,5
$\Delta L$	-	-	-	5,3	9,8	7,1	1,7	-

Уровень звукового давления превышает нормируемые значения.

Для уменьшения шума, излучаемого оборудованием предусматриваются следующие мероприятия:

- применение звукоизолирующих материалов и конструкции при проектировании кровли, стен, фонарей, окон, ворот, дверей, которые могут обеспечить требуемую звукоизоляцию;
- применение индивидуальной защиты.

Расчет заземляющего устройства

Разработаем заземляющее устройство для центрального распределенного устройства, расположенного на территории отделочной фабрики текстильного комбината на многослойном грунте с удельным сопротивлением верхнего слоя  $\rho_1$ , нижнего слоя  $\rho_2$

Исходные данные:

Напряжения

ОРУ \_\_\_\_\_ 115 кВт;

ЗРУ \_\_\_\_\_ 6,3/0,4 кВт;

Удельным сопротивлением

- верхнего слоя  $\rho_{1изм} = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

- нижнего слоя  $\rho_{2изм} = 20 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ ;

По периметру контура заземления в грунт забить вертикальные стержни

- диаметром  $d_1 = 0,09 \text{ м}$ ;

- длиной  $l = 5 \text{ м}$ ;

- толщиной верхнего слоя грунта  $h_1 = 3,09 \text{ м}$ ;

- ток короткого замыкания  $I_{кз} = 8420 \text{ А}$ ;

- размеры площадки ЦРП – 6 кВ  $S_{црп} = 40 \text{ м} \cdot 40 \text{ м}$ ;

- фабрика находится во II климатической зоне.

Размеры площадок ОРУ – 110 кВ выбраны в соответствии с размерами, приведенными в основной части проекта, так же учтены расстояния от токоведущих частей до различных элементов ОРУ напряжением выше 1000 В

Глубина погружения электрода в землю – расстояние от поверхности земли до электрода

$$t_0 = 5 \text{ м.}$$

$$\rho_{1\text{расч}} = \rho_{1\text{изм}} \cdot \Psi / \rho_{2\text{изм}} = 30 \cdot 2,7 / 20 = 4,05$$

$a = 3 \text{ м}$  – расстояние между вертикальными электродами в модели заземлителя

$$a = 4 \cdot \sqrt{S} / n$$

где  $S$  – площадь территории, занимаемой заземлителем, МхМ;  
 $n$  – число вертикальных электродов. Определим число вертикальных электродов при известном ( $a$ )

$$n = 4 \cdot \sqrt{S} / a = 4 \cdot 40 / 3 = 53$$

или

$$n = P / a = 160 / 3 = 53$$

где  $P$  – периметр контура заземлителя.

Относительная длина верхней части электрода, т.е. части находящейся в верхнем слое земли,  $l_{отн}$ , м определяется из выражения

$$L_{отн} = h_1 - t_{щ} / l_B = 3,09 - 0,5 = 0,52 \text{ м } L_{отн} = \frac{h_1 t_{щ}}{l_B} = \frac{3,09}{0,5} = 0,52 \text{ (м)},$$

Эквивалентное удельное сопротивление  $\rho_{\text{э}}$  многослойной земли для сплошного заземлителя в виде горизонтальной сетки с вертикальными электродами может быть определено также по формуле

$$\rho_{\text{э}} = \rho_2 \cdot (\rho_1 / \rho_2)^k$$

где показатель степени

$$k = 0,43 \cdot [1_{отн} + 0,272 \ln(a\sqrt{2}) / l_B] \text{ при } 1 \leq \rho_1 / \rho_2 \leq 10$$

$$k = 0,43 \cdot [0,52 + 0,272 \ln(3\sqrt{2}) / l_B] = 0,203$$

$$\rho_{\text{э}} = 20 \cdot (81 / 20)^{0,203} = 23,08 \text{ (Ом} \cdot \text{м)},$$

Определим сопротивление сплошного заземлителя, состоящего из контура вертикальных заземлителей, соединенных горизонтальными электродами и сетки, которая находится внутри контура. Сопротивление сложного заземлителя, состоящая из сетки и ряда вертикальных проводников, может быть определено из следующего выражения:

$$R_3 = 0,43 \cdot (\rho_2 / \sqrt{S}) \cdot (\rho_1 / \rho_2)^g + \rho_1 / (L + n l_v),$$

где

$$g = 2h_1 / (\sqrt{S} + n l_e),$$

$$l_e = l_1 + l_2 \cdot (\rho_1 / \rho_2)$$

$n$  – число вертикальных проводников,  
 Значение  $l_1$  и  $l_2$  нанесены на рисунке 6.2  
 $L$  – общая длина проводников.

$$l_e = 3,01 + 1,99 \cdot 81 / 20 = 11,070 \text{ (м)}$$

$$g = 2 \cdot 3,09 / 40 + 53 \cdot 11,07 = 0,00986$$

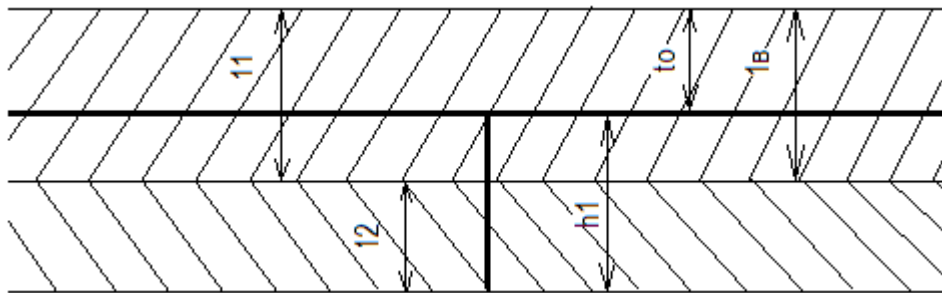


Рисунок 3.2

Модель земли с удельными сопротивлениями верхнего и нижнего слоя  $\rho_1$  и  $\rho_2$  соответственно и толщиной верхнего слоя  $h_1$

$$L = 15 \cdot 40 + 15 \cdot 40 = 1200 \text{ (м)},$$

$$R_3 = 0,43 \cdot (20 / 160) \cdot (81 / 20)^g + 81 / (1200 + 55 \cdot 5) = 0,278 \text{ (Ом)}.$$

Коэффициент напряжения соприкосновения  $\alpha_1$  может быть определен из следующего приближенного выражения для заземлителей типа сетки с равномерным распределением и проводников и дополнительными вертикальными проводниками.

$$\alpha_1 = M(a \cdot \sqrt{S} / l_v \cdot l_r)$$

где  $a = P / N$  – расстояние между вертикальными проводниками, (м),  
 $P$  – периметр сетки, (м),  
 $M$  – функция отношения  $\rho_1 / \rho_2$

$$\alpha_1 = 0,72(3 \cdot 40 / 5 \cdot 1200)^{0,45} = 0,124$$

Коэффициент снижения напряжения прикосновения, зависящий от удельного сопротивления верхнего слоя земли может быть определен из выражения:

$$\alpha_2 = R_h(R_h \cdot 1,5 \cdot \rho_1)$$

где  $\rho_1$  – удельное сопротивление верхнего слоя земли,  
 $R_h$  – сопротивление тела человека, (Ом).

$$\alpha_2 = 1000(1000 \cdot 1,5 \cdot 81) = 0,892$$

Определим напряжение прикосновения

$$U_{\text{пр}} = I_3 R_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 = 8420 \cdot 0,278 \cdot 0,124 \cdot 0,892 = 258,9 \text{ В}$$

Допустимое напряжение  $t=0,15$  с (с учетом АПВ), рекомендуемое время для расчета напряжения прикосновения и шага составляет 450 В.

Потенциал заземлителя

$$\varphi_3 = I_3 \cdot R_3 = 8420 \cdot 0,278 = 2340,8 \text{ В}$$

Напряжение  $U_{\text{пр max}} = \varphi_3 \cdot \alpha_1 = 2340,8 \cdot 0,124 = 290,3 \text{ В}$ . Из условия безопасности прикосновения человека к заземленным предметам в зоне ЗУ в эффективно заземленной сети

$$U_{\text{пр}} = U_{\text{пр max}} - I_h \cdot 1,5 \cdot \rho_s = I_3 \cdot R_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 \leq U_{\text{доп}}$$

$$I_h = U_{\text{пр max}} / (R_h + 1,5 \cdot \rho_1),$$

где  $I_h$  – ток через человека

$$I_h = 290,3 / (1000 + 1,5 \cdot U_{\text{пр max}} / (R_h + 1,5 \cdot 81)) = 0,258 \text{ А} = 258 \text{ (мА)}$$

Проверим условие безопасности, где  $U_{\text{пр доп}} = 450 \text{ В}$ , определяемое ГОСТом ГОСТ 12.1.083-82

$$290,3 - 0,258 \cdot 1,5 \cdot 81 \leq 450$$

$$258,8 < 450.$$

Условия выполняются.

Коэффициент напряжения шага для сложного заземлителя, состоящего из сетки и ряда вертикальных проводников, может быть определен по таблице  $\beta_1 = 0,15$ . Определяем коэффициент  $\beta_2$  – коэффициент снижения напряжения шага, зависящий от удельного сопротивления верхнего слоя земли.

$$\beta_2 = R_h / (R_h + 6 \cdot \rho_1) = 1000 / (1000 + 6 \cdot 81) = 0,673$$

Определяем напряжение шага

$$U_{\text{ш}} = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 8420 \cdot 0,278 \cdot 0,15 \cdot 0,673 = 236,3 \text{ В}$$

Условие безопасности для человека, шагающего в зоне распространения тока

$$U_{\text{пр}} = U_{1-2\text{max}} - I_h \cdot 6 \cdot \rho_1 = I_3 \cdot R_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \leq U_{\text{доп}}$$

где  $U_{\text{доп}} = 450 \text{ В}$  согласно ГОСТУ для времени действия короткого замыкания с учетом АПВ  $t=0,15$  с.

$$U_{1-2\text{max}} = \varphi_3 \cdot \beta_1 = 2340,8 \cdot 0,15 = 351,1 \text{ В}$$

ток через человека

$$I_h = U_{1-2\text{max}} / (R_h + 6 \cdot \rho_1) = 351,1 / (1000 + 6 \cdot 81) = 0,236 \text{ А} = 236 \text{ мА}$$

Проверим условие безопасности

$$U_{1-2\text{max}} - I_h \cdot 6 \cdot \rho_1 \leq U_{\text{доп}}$$

$$351,1 - 0,236 \cdot 6 \cdot 81 < 450$$

$$236,4 < 450$$

Условия выполняются

Рассмотрим возможность использования данного заземлителя по требованиям  $R_3$

$$R_3' = U_{\text{пр доп}} / I_3 \cdot \alpha_1 \cdot \alpha_2 = 450 / 8420 \cdot 0,124 \cdot 0,892 = 0,48 \text{ Ом}$$

$$R_3'' = U_{\text{пр доп}} / I_3 \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = 450 / 8420 \cdot 0,15 \cdot 0,673 = 0,52 \text{ Ом}$$

Получим в результате расчетов сопротивления заземления

$$R_3 = 0,278 \text{ Ом}$$

Удовлетворяет как требования ПУЭ, так и указанным выше условиям, т.е.  $R_3 < R_3 \text{ пуэ}$ ,  $R_3 < R_3'$ ,  $R_3 < R_3''$ .

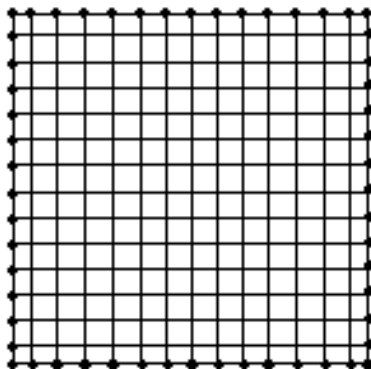


Рисунок 3.3 – Схема заземления

Вывод.

В данной части дипломного проекта были произведены следующие расчеты: акустический расчет шума, расчет системы вентиляции заточного участка механического цеха, а так же расчет контурного заземляющего устройства центрального распределительного пункта, находящегося на территории фабрики.

Результаты акустического расчета шума, проводившиеся для трех расчетных точек, показали, что уровни звукового давления оборудования, расположенного на заточном участке механического цеха превышают нормированные уровни звукового давления. Поэтому предусматриваются мероприятия для уменьшения шума, излучаемого оборудованием механического цеха с помощью применения индивидуальной защиты.

Нормируемые параметры микроклимата в помещении обеспечиваются механической приточно-вытяжной вентиляцией серии У4–70 со скоростью вращения вентилятора  $n = 800$  (об/мин) обеспечивающими требуемую кратность воздухообмена равной  $14 \text{ (м}^3/\text{ час)}$ , а также заданный состав воздушной среды в помещении.

Расчет заземляющего устройства позволил определить составные параметры заземлителя – число, размеры и порядок размещения заземлителей и заземляющих проводников, при которых напряжение прикосновения и шага в период замыкания фазы на заземленный корпус не превышает допустимых значений по условию безопасности, где  $U_{\text{пр.дон}} = 450 \text{ В}$ , определяемое ГОСТ 12.1.083-82.

## **4 Экономическая часть**

### **Оценка эффективности схемы внешнего электроснабжения текстильного комбината**

#### **4.1 Цели разработки проекта**

Целью разработки проекта строительства подстанции 110/6 кВ и прилегающих к ней сетей 110 и 6 кВ.

Строящаяся подстанция предназначена для реализации электроэнергии текстильного комбината данного района со стороны 110 и 6 кВ.

Последняя представляет собой АО, осуществляющее распределение электроэнергии и доведение ее до потребителей. Целью создания АО является получение высокой прибыли на акционерную долю капитала и обеспечение надежного экономического снабжения потребителей.

#### **4.2 Анализ рынка сбыта**

В связи с выявленным дефицитом в энергоснабжении потребителей рассматриваемого района, предполагается, что сооружение ЛЭП позволит реализовать дополнительную электроэнергию текстильного комбината.

Энергетический эффект от развития сети 110 кВ будет характеризоваться дополнительным поступлением электроэнергии при нормальном режиме работы сети и при эксплуатации на полную мощность.

#### **4.3 Тарифы на электроэнергию**

Применительно к электросетевым объектам оценка результатов производственной деятельности образуется от продажи дополнительно поступающей электроэнергии в сеть.

Для стоимостной оценки результата используются действующие цены и тарифы  $T=14$  тенге за 1 кВт ч.

#### **4.4 План производства**

В соответствии со строительными нормами срок строительства п/ст, установленной мощности 2х6,3 МВА, и прилегающих сетей 110 и 6 кВ принят равным одному году.

В соответствии с нормами освоения введенных энергомощностей была определена программа отпуска электроэнергии на шинах п/ст, приведенная в таблице 4.1.



Таблица 4.1 – Программа отпуска электроэнергии на шинах п/ст

Показатели	Годы строительства и эксплуатации		
	1	2	3
Коэффициент роста нагрузки %	0.6	0.7	0.8
Поступление энергии в сеть, кВт час	76 080 600	88 760 700	101 440 800

#### 4.5 Организационный план

Организационная структура управления производством проектируемого энергообъекта принята цеховая.

На п/ст и прилегающих к ней сетях устанавливается современное высокоавтоматизированное оборудование, что обеспечивает высокий уровень надежности электроснабжения.

Ремонт части оборудования, арматуры и трубопроводов выполняется силами персонала подстанции, включаемого в штатное расписание. Особо сложные ремонтные работы выполняются с привлечением персонала специализированных ремонтных организаций.

#### 4.6 Юридический план

Для осуществления строительства и эксплуатации рассматриваемого энергообъекта создается Акционерное общество с привлечением средств за счет выпуска акций и заемного капитала потенциальных инвесторов.

В примере структура финансирования суммарных инвестиций принята следующей: 70% акционерного капитала и 30% заемного с выплатой последнего равными долями в течение пяти лет начиная со второго года эксплуатации энергообъекта.

#### 4.7 Экологическая информация

Экологическая ситуация в районе размещения электросети находится в пределах установленных санитарных норм.

Строительство подстанции и прилегающих сетей не приведёт к ухудшению экологической ситуации в районе.

#### 4.8 Расчет технико-экономических показателей подстанции

Капиталовложения в подстанцию определяются по приведенным в справочнике укрупненным показателям стоимости суммированием следующих составляющих:

- РУ всех напряжений;
- трансформаторы;
- постоянная часть затрат.

Капитальные затраты на сооружение подстанции определяются составом оборудования:

$$K_{\text{П/СТ}} = (\sum K_i \cdot n_i + K_{\text{пост}}) \cdot \alpha_p, \quad (4.1)$$

где  $K_i$  - расчетные стоимости распределительных устройств, трансформаторов, токоограничивающих реакторов, а также дополнительные капиталовложения линейных ячеек, оборудованных высокочастотной связью;

$n_i$  - соответственно число единиц перечисленного оборудования;

$K_{\text{пост}}$  - постоянная часть затрат по подстанции, малозависящая от мощности подстанции;

$\alpha_p$  - коэффициент, учитывающий район сооружения.

Расчетная стоимость ячеек РУ учитывает стоимость выключателей, разъединителей, трансформаторов тока и напряжения, ОПН, аппаратуры управления, сигнализации, РЗ и А, контрольных кабелей, ошиновки, строительных конструкций и фундаментов, а также соответствующих строительно-монтажных работ.

Расчетная стоимость трансформаторов включает затраты на ошиновку, шинопроводы, грозозащиту, заземление, контрольные кабели, РЗ, строительные конструкции и строительно-монтажные работы.

Показатели постоянной части затрат по подстанции учитывают полную расчетную стоимость подготовки и благоустройства территории, общеподстанционного пункта управления, устройств расхода на собственные нужды, аккумуляторной батареи, компрессорной, подъездных и внутриплощадочных дорог, средств связи и телемеханики, маслохозяйства, водопровода, канализации, наружного освещения и прочих общеподстанционных элементов.

Все расчеты капиталовложений в подстанцию сведены в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 – Капиталовложения в объект

РУ или оборудование	Число ячеек или элементов оборудования	Цена одной ячейки или единицы оборудования, млн.тенге.	Общая стоимость, млн.тенге.
РУ 110 кВ	2	40	80
РУ 10 кВ	18	8	144
Трансформаторы	2	25	50
Постоянные затраты	-	26	26
Итого:			300

Определение капитальных вложений в строительство прилегающих сетей.

Стоимость сооружения ЛЭП определяется основными ее параметрами: напряжением, типом опор, маркой проводов и конструкцией фазы, районом строительства, характеристикой трассы и климатическими условиями и рассчитывается по выражению:

$$K_{\text{ЛЭП}} = k_{\text{уд}} \cdot L \cdot \alpha_{\text{нв}} \cdot \alpha_{\text{р}} + \Delta K_{\text{р.пр.}} + \Delta K_{\text{д.гр.}} + n_{\text{р.б.}} \cdot K_{\text{р.б.}} \quad (4.2)$$

где  $k_{\text{уд}}$  - удельные показатели стоимости 1 км линии, соответствующие уровню напряжения и количеству цепей, а также учитывающий определенные условия прохождения трассы (по равнине, лес - не более 10% от длины трассы, доставка грузов до трассы - не более 20 км и развозка оборудования по трассе - не более 10 км);

$L = 5,5$  км - длина линии;

$\alpha_{\text{нв}} = 1,06$  - поправочный коэффициент, учитывающий скоростной напор ветра;

$\alpha_{\text{р}} = 1,27$  - коэффициент, учитывающий район прохождения трассы;

$\Delta K_{\text{р.пр.}} = 3,8$  - затраты, учитывающие рубку просеки в лесу, если лес составляет более 10% длины трассы;

$\Delta K_{\text{д.гр.}} = 1$  - затраты, учитывающие доставку грузов к линии, если условия доставки отличаются от вышеуказанных;

$n_{\text{р.б.}} = 1$  - количество ремонтных баз вдоль линии;

$K_{\text{р.б.}} = 1$  - затраты на создание и оснащение одной ремонтной базы;

В расчете затраты на создание и оснащение ремонтных баз, а также на создание линий связи принимаются в размере 10%.

Все расчеты капиталовложения по линиям электропередач сводятся в форму таблицы 4.3.

Таблица 4.3 – Капитальные вложения в ЛЭП

Линия	Общая длина линии, км	Стоимость одного км. длины линии, млн.тенге.	Общая стоимость линии, млн. тенге. (с учетом ремонтных баз и линий связи)
ВЛ 110 кВ	16	1,375	22
Итого:			22

Общие капитальные вложения в строительство энергообъекта составят:

$$K_{\text{ЭС}} = K_{\text{п/ст}} + K_{\text{ЛЭП}} = 300 + 22 = 322 \text{ млн. тенге}$$

Определение ежегодных издержек производства.

Издержки производства п/ст и прилегающих сетей связаны с затратами на содержание подстанции, распределительных устройств и линий электропередач.

Кроме того, передача и распределение электроэнергии связаны с частичной потерей ее при транспортировке по линиям электропередач и трансформации. Поскольку такие потери связаны с процессом передачи, то их стоимость включается в состав ежегодных издержек:

$$I_{\text{перед}} = I_{\text{экс}} + I_{\text{пот}}, \quad (4.3)$$

где  $I_{\text{экс}}$  - суммарные затраты электросетевых хозяйств энергосистемы на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей, тенге./год;

$I_{\text{пот}}$  - суммарная стоимость потерь в сетях системы, тенге./год.

Расчет затрат электросетевых хозяйств на ремонтно-эксплуатационное обслуживание сетей определяется по укрупненным показателям.

$$I_{\text{экс}} = I_{\text{ам}} + I_{\text{об/рем}}, \quad (4.4)$$

где  $I_{\text{ам}}$  - ежегодные издержки на амортизацию (реновацию), тенге/год:

$$I_{\text{ам}} = \frac{\alpha_{\text{ам}}}{100} \cdot K_{\text{ЭС}}, \quad (4.5)$$

где  $\alpha_{\text{ам}}$  - нормы отчислений на амортизацию, %/год;

$I_{\text{об/рем}}$  - издержки на обслуживание и ремонты (капитальный и текущие), тенге/год:

$$I_{\text{об/рем}} = \frac{\alpha_{\text{об/рем}}}{100} \cdot K_{\text{ЭС}}, \quad (4.6)$$

где  $\alpha_{\text{об/рем}}$  - нормы отчислений на обслуживание электрических сетей и ремонты, %/год.

Расчет эксплуатационных издержек сводится в виде таблицы 4.4.

Таблица 4.4 – Эксплуатационные издержки распределения энергии

Элемент	Кап. вложения, млн.тенге.	$\alpha_{\text{ам}},\%$	$\alpha_{\text{об}},\%$	$I_{\text{ам}},$ млн. тенге/год	$I_{\text{обсл}},$ млн. тенге/год	$I_{\text{экспл}},$ млн. тенге/год
п/ст 110/10кВ	300	3	4	9	12	21
ЛЭП 110 кВ	22	3	5	0,66	1,1	1,76
Итого:				9,66	13,1	22,76

#### 4.9 Себестоимость услуг по передаче электроэнергии

Стоимость электроэнергии:

$T = 14$  тенге/кВтч – тариф за электроэнергию

АО заключает договора по поставке и оказании услуг по передаче электроэнергии со следующими поставщиками:

$T_{\text{гор.сети (АЖК)}} = 3,21$  тенге/кВтч – тариф за передачу электроэнергии городским сетям;

$T_{\text{эпо}} = 5$  тенге/кВтч – тариф за электроэнергию, установленный энергопроизводящей организацией;

$T_{\text{НЭС}} = 0,94$  тенге/кВтч – тариф на услуги по передаче электроэнергии по национальным электрическим сетям.

Капитальные вложения на оборудование, строительство, монтаж и пуск подстанции:

-  $K_{\text{п/ст}} = 300,0$  млн. тенге.

Капитальные вложения на оборудование, строительство, монтаж ЛЭП:

-  $K_{\text{ЛЭП}} = 22,0$  млн. тенге.

Суммарные капитальные вложения подстанции и ЛЭП:

$$\sum K_{\text{п/ст, ЛЭП}} = 300,0 + 22,0 = 322,0 \text{ млн. тенге}$$

АО может получить прибыль по двум составляющим: 1) услуга за передачу электроэнергии и 2) по виду деятельности (т.е. АО выступает в виде гарантированного поставщика электроэнергии предприятию)

а) Услуга за передачу электроэнергии

Затраты на амортизацию оборудования:

$$Z_{\text{ам}} = \sum K_{\text{п/ст, ЛЭП}} \times N_{\%} = 322,0 \times 0,04 = 12,88 \text{ млн. тенге}$$

где  $N_{\%} = 2 \div 4\%$  - норма амортизации

Другие затраты составят:

$$Z_{\text{другие}} = Z_{\text{з/п}} + Z_{\text{обсл.}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{с/э}} + Z_{\text{админ.}} + Z_{\text{прочие}} = 100 \%$$

где  $Z_{\text{з/п}}$  – затраты на заработную плату персонала

$Z_{\text{обсл.}}$  – затраты на обслуживание п/ст и ЛЭП

$Z_{\text{ам}}$  – затраты на амортизацию

$Z_{\text{с/э}}$  – затраты на строительство, эксплуатацию

$Z_{\text{админ.}}$  – административные затраты

$Z_{\text{прочие}}$  – прочие затраты

Затраты на амортизацию могут достигать до 45%, а 55% составят другие затраты.

Тогда суммарные затраты на передачу электроэнергии составят

$$\sum Z_{\text{передача}} = (12,88 \times 1) / 0,45 = 28,622 \text{ млн. тенге}$$

Себестоимость передачи электроэнергии:

$$S = \frac{\sum Z_{\text{передача}}}{\mathcal{E}_{\text{год}}} = \frac{28,622}{52,11} = 0,55 \text{ тенге/кВтч}$$

где  $\mathcal{E}_{\text{год}} = 8685 \times 6000 = 52,11$  млн. кВт ч – годовое энергопотребление предприятия

б) Вид деятельности (покупка электроэнергии в торговой системе с целью ее гарантированной поставки текстильного комбината)

Выручка от прогнозируемого объема передачи электроэнергии текстильного комбината АО составит

$$V_{\text{АО}} = T \times \mathcal{E}_{\text{год}} = 14 \times 52,11 = 729,54 \text{ млн. тенге}$$

Из прогнозируемой выручки АО произведет следующие выплаты:

- Выплаты по договору АО составят:

$$0,605 \times 52,11 = 31,527 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты городским сетям за передачу электроэнергии составят:

$$3,21 \times 52,11 = 167,273 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты Национальным электрическим сетям составят:

$$0,94 \times 52,11 = 48,983 \text{ млн. тенге}$$

- Выплаты энергопроизводящим предприятиям составят:

$$5 \times 52,11 = 260,550 \text{ млн. тенге}$$

Остаток из прогнозируемой выручки за передачу электроэнергии составит:

$$729,54 - 31,527 - 167,273 - 48,983 - 260,550 = 221,207 \text{ млн. тенге}$$

Чистая прибыль за вычетом корпоративного налога на прибыль 20% составит:

$$\text{ЧПр} = \text{Пр}(1 - 0,2) = 221,207 \times 0,8 = 176,965 \text{ млн. тенге}$$

Полученная прибыль будет направлена на погашения инвестиционных средств и это составит 40% от чистой прибыли.

$$\text{Пр} = 176,965 \times 0,6 = 106,179 \text{ млн. тенге}$$

Срок окупаемости сооружаемой подстанции и ЛЭП для АО составит:

$$\text{PP} = \frac{\sum K_{n/cm, ЛЭП}}{\text{Пр}} = \frac{322,0}{106,179} = 3 \text{ года.}$$

#### **4.10 Показатели финансово-экономической эффективности инвестиций**

В качестве основных показателей и критериев финансово-экономической эффективности инвестиций в условиях рыночных отношений используются

– простые показатели:

- простая норма прибыли - простая норма рентабельности инвестиций; сравнение расчетной величины с минимальным или средним уровнем доходности приводит к заключению о целесообразности дальнейшего анализа данного проекта;

- простой срок окупаемости капитальных вложений; представляет собой период времени, в течении которого сумма чистых доходов покрывает инвестиции, определяет период в течении которого объект будет работать на "себя", т.е. получаемый объем чистого дохода засчитывается как возврат первоначально инвестированного капитала;

- срок предельно-возможного полного возврата банковских кредитов и процентов по ним; определяет период в течении которого полностью возвращаются банковские ссуды за счет дохода от реализации продукции.

– интегральные показатели:

- чистый дисконтированный доход; расчет этого показателя производится дисконтированием чистого потока платежей; критерием финансовой эффективности инвестиций в сооружение объекта является условие:  $\text{Э}_д > 0$ , тогда доходность инвестиций превышает величину среднего норматива;

- внутренняя норма доходности; определяется значением нормы дисконтирования, при котором чистый дисконтированный доход становится равным нулю; критерием эффективности инвестиций в сооружение проектируемого объекта служит условие превышения внутренней нормы доходности над средней величиной норматива дисконтирования:  $E_{\text{Вн}} > E_{\text{ср}}$ ;

- срок окупаемости дисконтированных затрат; характеризует период, в течение которого полностью возмещаются дисконтированные капитальные

вложения за счет чистого дохода, получаемого при эксплуатации объекта; критерием экономической эффективности инвестиций в сооружение объекта служит выражение  $T_{ок} < T_p$ .

Показатель чистого приведенного дохода (Net Present Value, NPV) позволяет сопоставить величину капитальных вложений (Invested Capital, IC) с общей суммой чистых денежных поступлений, генерируемых ими в течение прогнозного периода, и характеризует современную величину эффекта от будущей реализации инвестиционного проекта. Поскольку приток денежных средств распределен во времени, он дисконтируется с помощью коэффициента  $r$ . Коэффициент  $r$  устанавливается, как правило, исходя из цены инвестированного капитала.

Чистая приведенная стоимость проекта является важнейшим критерием, по которому судят о целесообразности инвестирования в данный проект. Для определения чистого приведенного дохода необходимо спрогнозировать величину финансовых потоков в каждый год проекта, а затем привести их к общему знаменателю для возможности сравнения во времени. Чистая приведенная стоимость определяется по формуле:

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} - I_0, \quad (4.7)$$

где  $I_0$  – инвестиции в данный проект, млн. тг.,

$CF_t$  – поток наличности, млн. тг.,

$r$  – ставка дисконтирования,

$t$  – время реализации проекта, год.

Расчет ведется до первого положительного значения NPV, т.е. до 4-го года. NPV больше нуля, следовательно, при данной ставке дисконтирования проект является выгодным для предприятия, поскольку генерируемые им приток дохода превышают норму доходности в настоящий момент времени.

Под внутренней нормой прибыли инвестиционного проекта (Internal Rate of Return, IRR) понимают значение коэффициента дисконтирования  $r$ , при котором NPV проекта равен нулю:

$$NPV = 0 \rightarrow npi \rightarrow IRR = r \quad (4.8)$$

Оценка ВНП (IRR) имеет следующие свойства:

- 1) не зависит от вида денежного потока;
- 2) нелинейная форма зависимости;
- 3) представляет собой убывающую функцию;
- 4) не обладает свойством аддитивности.



Экономический смысл критерия IRR заключается в следующем: IRR показывает максимально допустимый относительный уровень расходов по проекту. В то же время предприятие может реализовывать любые инвестиционные проекты, уровень рентабельности которых не ниже текущего значения показателя цены капитала.

Рассчитывается IRR для  $r = 10\%$  банковского процента.

$$1 \text{ год } PV = 106,179 \cdot 0,91 = 96,516 \text{ млн.тенге,}$$

$$NPV = -322,0 + 96,516 = -225,483 \text{ млн.тенге}$$

$$2 \text{ год } PV = 106,179 \cdot 0,83 = 87,703 \text{ млн.тенге,}$$

$$NPV = -225,483 + 87,703 = -137,779 \text{ млн.тенге}$$

$$3 \text{ год } PV = 106,179 \cdot 0,75 = 79,740 \text{ млн.тенге,}$$

$$NPV = -137,779 + 79,740 = -58,039 \text{ млн.тенге}$$

$$4 \text{ год } PV = 106,179 \cdot 0,68 = 72,520 \text{ млн.тенге,}$$

$$NPV = -58,039 + 72,520 = 14,481 \text{ млн.тенге}$$

Метод расчёта внутренней нормы прибыли.

Внутренняя норма прибыли определяется как ставка процента, при которой величина инвестиций равна величине текущей ценности будущих денежных поступлений.

$$IRR = r_1 + (NPV_{r_1} / (NPV_{r_1} - NPV_{r_2})) \cdot (r_2 - r_1). \quad (4.9)$$

Вывод: IRR служит индикатором уровня риска по проекту, чем в большей степени IRR превышает принятый фирмой барьерный коэффициент, тем менее страшны ошибки денежных поступлений.

Из приведенных расчетов видно, что срок окупаемости инвестиций составит около 7 лет.

$$PV = -322,0 + 106,179 \cdot 0,91 + 106,179 \cdot 0,83 + 106,179 \cdot 0,75 + 106,179 \cdot 0,681 = 14,481 \text{ млн.тенге}$$

Индекс рентабельности, PI, представляет собой отношение суммы приведенных эффектов к величине инвестиционных затрат и рассчитывается по формуле:

$$PI = \left( \sum_{t=1}^n \frac{PV_t}{(1+r)^t} \right) / K_0 \quad (4.10)$$

Если:  $PI > 1$ , то проект следует принять,  $PI < 1$ , то проект следует отклонить,  $PI = 1$ , то проект ни прибыльный, ни убыточный. Индекс рентабельности в отличие от чистого приведенного эффекта является относительным показателем. PI следует считать уже по времени расчета  $t$ , когда NPV положительный.

Все значения рассчитываются аналогично и заносятся в таблицу 4.5.

Таблица 4.5 - Определение NPV и IRR

Годы проекта	$I_0$ , тенге	$CF_t$ , тенге	$1/(1+k)^t$	PV, тенге	NPV, тенге
0	-322 000 000				
1		106 179 000	0,909	96 516 711	-225 483 289
2		106 179 000	0,826	87 703 854	-137 779 435
3		106 179 000	0,751	79 740 429	-58 039 006
4		106 179 000	0,683	72 520 257	14 481 251
5		106 179 000	0,621	65 937 159	80 418 410
6		106 179 000	0,564	59 884 956	140 303 366
7		106 179 000	0,512	54 363 648	194 667 014
8		106 179 000	0,467	49 585 593	244 252 607
9		106 179 000	0,4	42 471 600	286 724 207
10		106 179 000	0,386	40 985 094	327 709 301
11		106 179 000	0,35	37 162 650	364 871 951
12		106 179 000	0,318	33 764 922	398 636 873
13		106 179 000	0,290	30 770 674	429 407 547
14		106 179 000	0,263	27 925 077	457 332 624
15		106 179 000	0,239	25 376 781	482 709 405
16		106 179 000	0,218	23 147 022	505 856 427
17		106 179 000	0,198	21 023 442	526 879 869
18		106 179 000	0,179	19 006 041	545 885 910
19		106 179 000	0,163	17 307 177	563 193 087
20		106 179 000	0,149	15 820 671	579 013 758
PV				901 013 758	
NPV				579 013 758	
PI				2,79	
IRR				32,86%	

Строительство можно считать экономически целесообразным, так как  $PI > 1$ , технико-экономическое обоснование строительства подстанции показало, что необходимые суммарные капиталовложения, составляют 322,0 млн. тенге, дисконтированная стоимость составляет 14,481251 млн. тенге окупятся за 4 года.

## Заключение

Тема моего дипломного проекта: «Электроснабжение текстильного комбината». Исходными данными к проекту послужили: генеральный план предприятия, установленные мощности по цехам, а также данные об источниках питания.

В дипломном проекте расчет электрических нагрузок был произведен методом коэффициента использования и коэффициента максимума, расчетная мощность по комбинату составила на напряжение 0,4 кВ – 12889,4 кВА. Руководствуясь указаниями по компенсации реактивной мощности, было принято 14 цеховых трансформаторов, которые были установлены в 7 ТП (5 двухтрансформаторных подстанциях и 2 однострансформаторные подстанции). Компенсация реактивной мощности была осуществлена на напряжение 0,4 кВ конденсаторными установками мощностью 250 квар и на 6 кВ батареями конденсаторов мощностью 1125 и 450 квар.

Далее в дипломном проекте было произведено технико-экономическое сравнение вариантов внешнего электроснабжения, были рассмотрены два варианта: первый вариант питание по ЛЭП 110 кВ, второй вариант – ЛЭП 35 кВ; на ГПП было установлено два трансформатора мощностью 6300 кВА каждый. Техничко-экономическое сравнение вариантов показало, что наиболее экономичным является первый вариант на напряжение 110 кВ.

Кроме того, в дипломном проекте был произведен расчет токов короткого замыкания, выбор оборудования и кабельной продукции на напряжение выше 1000 В. Были выбраны: выключатели 110 кВ, разъединители, ОПН, масляные выключатели 6 кВ, трансформаторы тока, трансформаторы напряжения, питающие кабели от ГПП до цеховых ТП.

В разделе «Безопасность жизнедеятельности» произведены следующие расчеты: акустический расчет шума, расчет системы вентиляции механического цеха, а так же расчет контурного заземляющего устройства центрального распределительного пункта, находящегося на территории комбината.

В экономическом разделе дипломного проекта был рассмотрен вопрос оценки эффективности схемы внешнего электроснабжения текстильного комбината.

В специальном вопросе дипломного проекта проведен расчет осветительной установки столовой, произведен выбор источников света и световых приборов, а так же выбор питающих проводов и защитной аппаратуры. Выбраны система освещения и щиты освещения. Расчеты проводились с помощью компьютерной программы Relux и в ручную тремя методами: метод коэффициента использования, метод расчета по удельной мощности, точечный метод. Погрешность расчетов при сравнении результатов работы в среднем составила 2 %. При этом получены следующие основные результаты: зал столовая полностью освещается ЛЛ типа NORKA HAMM mit SSR-Tiefstrahler., склад ЛН, в количестве 5 шт.

## Список литературы

1. Божжанова Р.Н., Живаева О.П. Сборник заданий. Методические указания к выполнению курсового проекта (часть 1,2) для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2005, 2006.
2. Живаева О.П., Тергеусизова М.А. Проектирование систем электроснабжения. Методические указания и задания к выполнению курсовой работы для студентов всех форм обучения специальности 050718 - Электроэнергетика - Алматы: АИЭС, 2009.
3. Киреева Э.А. Электроснабжение и электрооборудование цехов промышленных предприятий. – М.: «Кнорус», 2011.
4. Кудрин Б.И. Системы электроснабжения. – М.: «Академия», 2011.
5. Ополева Г.Н. Схемы и подстанции электроснабжения. – М.: «ИД ФОРУМ-ИНФРА-М», 2010.
6. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для студентов высших учебных заведений. /Б.И. Кудрин. – М.: Интернет Инжиниринг, 2005.
7. Правила устройства электроустановок Республики Казахстан. – Алматы, 2007.
8. Шеховцов В.П. Справочное пособие по электрооборудованию и электроснабжению. – М.: «Форум-Инфра-М», 2009.
9. Козловская В.Б. Электрические освещение. – Мн.: «Техноперспектива», 2011.
10. Шеховцов В.П. Осветительные установки промышленных и гражданских объектов. – М.: «Форум», 2009.
11. Анчарова Т.В. Осветительные сети производственных зданий. Ч.1,2. – М.: «НТФ Энергопрогресс, Энергетик», 2008.
12. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М: «высшая школа» 2002.
13. Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – 2-е изд. – М.: Высш. шк., 2003.
14. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств. Охрана труда. П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Н.Л. Пономарев, Н.Н. Сердюк-М: «высшая школа» 2002.
15. Долин П.А. Основы техники безопасности в электрических установках. – М.: Энергоатомиздат, 2011.