

Министерство образования Российской Федерации

Томский политехнический университет

---

**"Утверждаю"**

Зав.каф. ЭСПП, д.т.н., профессор

***Б.В.Лукутин***

" " \_\_\_\_\_ 2001 г.

# **ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

***Методические указания к выполнению  
выпускной работы бакалавра***

для студентов направления 551700 - "Электроэнергетика"

**Томск 2001**

**УДК 621.311.018**

**Электроснабжение промышленных предприятий.**

Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра для студентов направления 551700 - «Электроэнергетика» - Томск: Изд.ТПУ, 2001. - 94 с.

Составители:        доц., к.т.н. ***А.И.Гаврилин***,  
                              доц., к.т.н. ***С.Г.Обухов***  
                              доц., к.т.н. ***А.И.Озга***

Рецензент    доц., к.т.н. ***Н.Н.Харлов***

Методические указания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры "Электроснабжение промышленных предприятий" «\_\_»\_\_\_\_\_2000 г.

Зав.кафедрой ЭСПП  
проф., д-р техн. наук \_\_\_\_\_ ***Б.В.Лукутин***

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1.....	5
Задания на проектирование системы электроснабжения промышленных предприятий.....	5
Приложение 1 .....	15
ГЛАВА 2.....	29
Методические указания к выполнению Выпускной работы .....	29
2.1 Определение расчетной электрической нагрузки цеха.....	29
2.2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом .....	32
2.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок.....	35
2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций .....	37
2.5 Схема внешнего электроснабжения.....	38
2.6 Схема внутривозвездской сети 6-10 кВ .....	42
2.7 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В. ....	44
2.8 Электроснабжение цеха.....	45
ГЛАВА 3.....	53
Общие требования и правила оформления выпускной работы .....	53
3.1. Структура расчетно-пояснительной записки .....	53
3.2. Правила оформления расчетно-пояснительной записки .....	53
3.3. Классификация схем .....	56
3.4. Обозначение схем.....	58
3.5. Форматы. Основная надпись.....	59
3.6. Рисунок схемы.....	62
3.7. Графические обозначения .....	62
3.8. Линии.....	64
3.9. Буквенно-цифровые обозначения в схемах.....	66
3.10. Правила выполнения принципиальной схемы (ЭЗ) .....	67
3.11. Позиционные обозначения элементов .....	68
3.12. Перечень элементов .....	69
3.13. Буквенные коды видов элементов.....	73
Литература .....	76
Приложения .....	77
Условные графические обозначения.....	77
Справочные данные электрооборудования .....	86

## ВВЕДЕНИЕ

Выпускная квалификационная работа – итоговая работа выпускников второго образовательного уровня (бакалавров) и первая большая самостоятельная работа. Успешное выполнение выпускной работы характеризует степень усвоения студентами дисциплин, предусмотренных учебным планом, способность самостоятельно решать практические вопросы проектирования системы электроснабжения промышленного предприятия.

Задание на выпускную работу включает в себя генеральный план и ведомость электрических нагрузок предприятия, а также материалы для проектирования электроснабжения одного из цехов (план цеха и ведомость электрических нагрузок цеха).

Выпускная квалификационная работа состоит из двух частей:

1. Расчетно-пояснительной записки;
2. Графического материала, представленного, согласно заданию

1. Содержание расчетно-пояснительной записки (перечень подлежащих разработке вопросов)

- 1.1. Введение. Общие сведения о промышленном предприятии.
- 1.2. Определение расчетных электрических нагрузок цеха и предприятия в целом.
- 1.3. Картограмма нагрузок и определение центра электрических нагрузок.
- 1.4. Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых ТП.
- 1.5. Система внешнего электроснабжения предприятия.
- 1.6. Система внутривозвездского электроснабжения.
- 1.7. Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.
- 1.8. Выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей в сети выше 1000 В.
- 1.9. Электроснабжение ремонтно-механического цеха.

2. Перечень графических материалов (объем 2 листа 1 формата)

- 2.1. План цеха с технологическим оборудованием, расположением цеховых ТП, шинопроводов, распределительных шкафов, трассами электрических силовых сетей.
- 2.2. Однолинейная схема электроснабжения ремонтно-механического цеха совместно со схемой трансформаторной подстанции.

# ГЛАВА 1

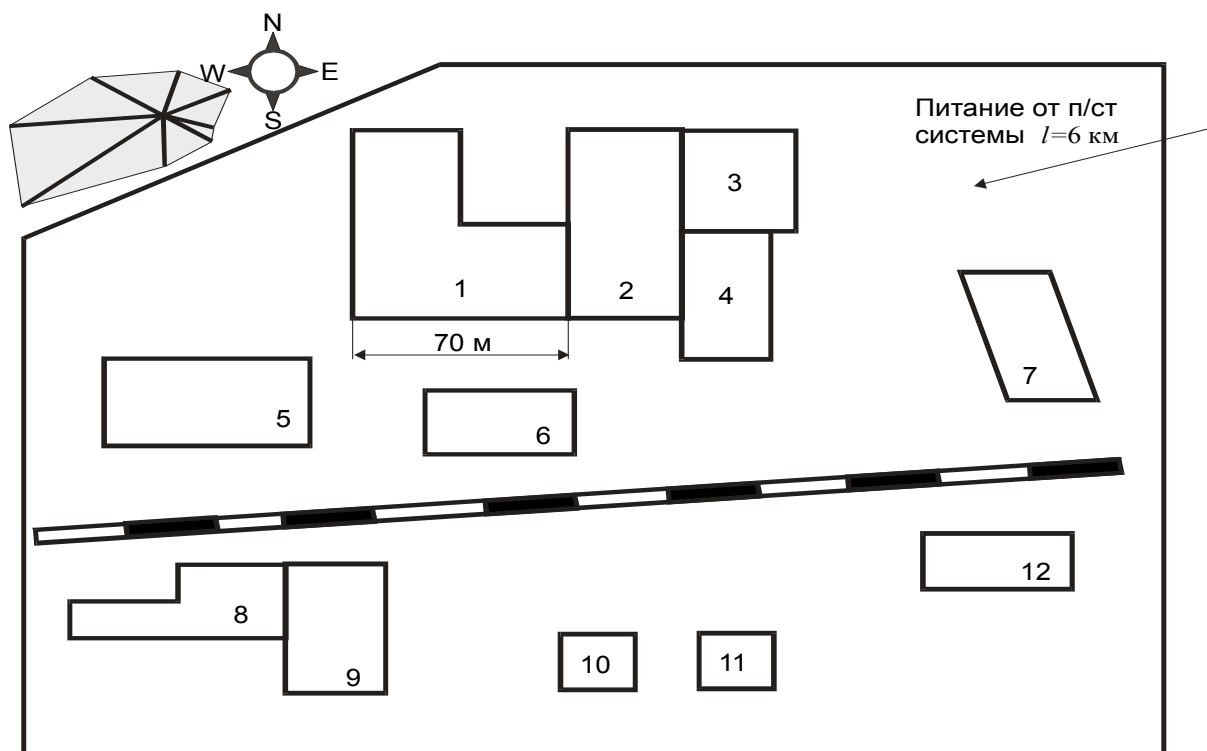
## Задания на проектирование системы электроснабжения промышленных предприятий

### Генплан сахарного завода

Задание № 0

#### Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Сокоочистительный	3	1500	-	1600	-	1100	-	2000	-	-	1400
2	Свеклоперерабатывающий	3	700	600	900	700	500	800	970	700	850	750
3	Моечное отд.	3	600	800	950	880	700	900	800	720	750	600
4	Продуктовый	3	850	700	660	600	900	1000	800	770	930	680
5	ТЭЦ	3	500	550	400	700	600	650	450	750	920	900
6	Заводоуправление	1	50	60	73	80	55	65	70	45	40	90
7	Склад готовой продукции	3	100	150	120	200	90	130	110	140	95	140
8	Склад сырья	3	370	300	280	200	350	300	400	410	250	220
9	Автопарк	2	100	110	90	95	120	80	150	170	130	140
10	Насосная 1: 10 кВ (АД) 0,38 кВ	3	2000	1900	2000	500	700	1000	2200	1800	1600	1800
			100	120	160	60	140	100	80	120	80	40
11	Насосная 2	3	200	220	250	300	180	190	210	280	240	230
12	Ремонтно-механический цех	2	-	100	-	150	-	130	-	140	180	-

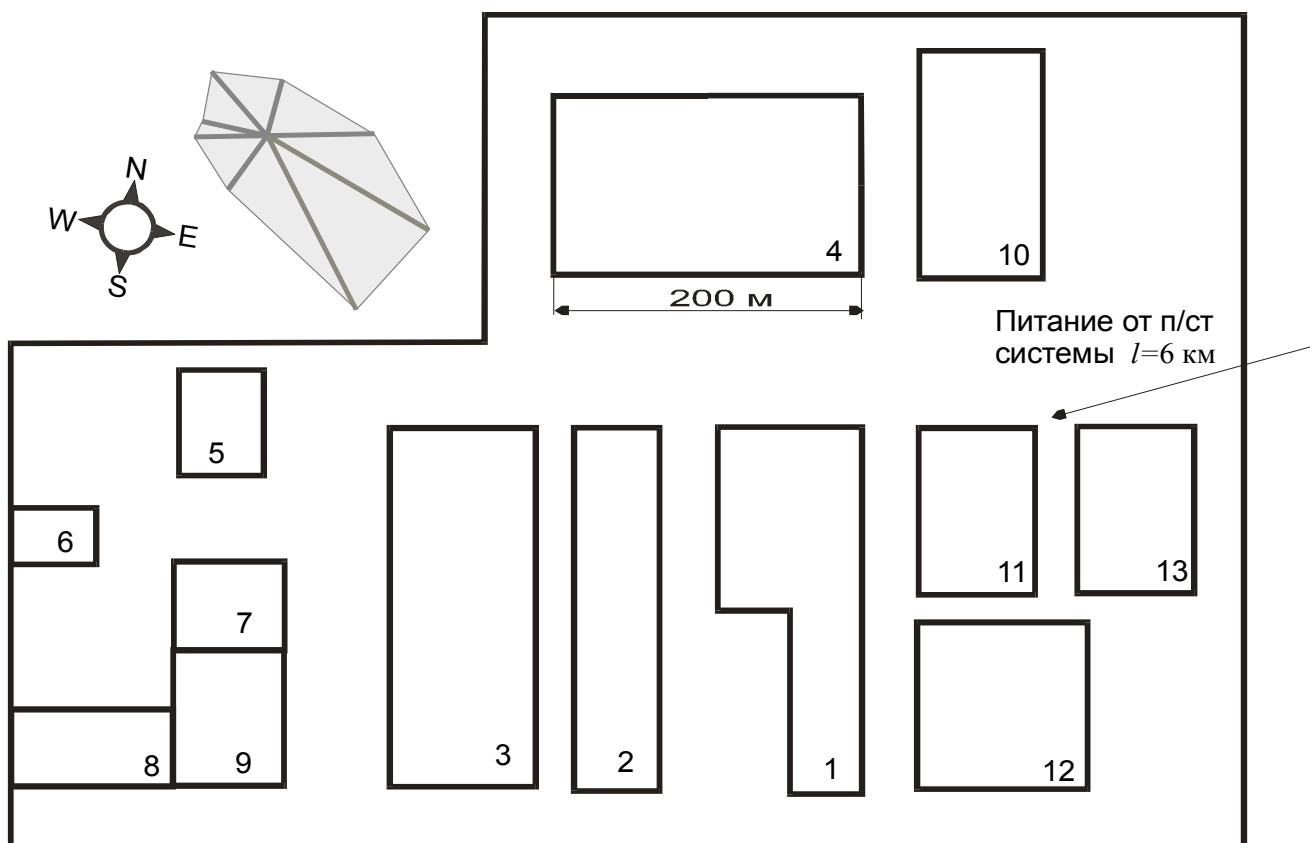


**Генплан текстильного комбината**

**Задание № 1**

**Сведения об электрических нагрузках**

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Прядильный	2	600	500	700	900	400	550	730	650	490	520
2	Ткацкий	2	500	400	700	520	450	610	570	520	480	600
3	Красильный	2	800	700	600	590	750	630	680	820	850	750
4	Швейная фабрика	2	630	700	1200	1000	1100	800	750	600	1200	700
5	Литейный	2	600	500	400	-	450	570	650	-	620	520
6	Котельная	3	200	220	180	190	210	200	300	350	150	170
7	Механический	2	-	720	680	660	-	570	480	650	-	700
8	Инструментальный	2	1000	-	850	930	710	-	690	580	830	-
9	Столярный	2	400	300	-	200	500	550	-	430	380	280
10	Заводоуправление	1	100	95	80	150	110	87	93	120	117	85
11	Гараж	2	100	58	85	83	75	120	110	93	80	78
12	Склад готовых изделий	2	50	20	60	70	55	47	45	30	43	62
13	Насосная 10 кВ (АД) 0,38 кВ	3	1000 40	1600 80	1600 120	800 40	1200 60	1600 120	2500 120	3200 140	3200 120	2500 80

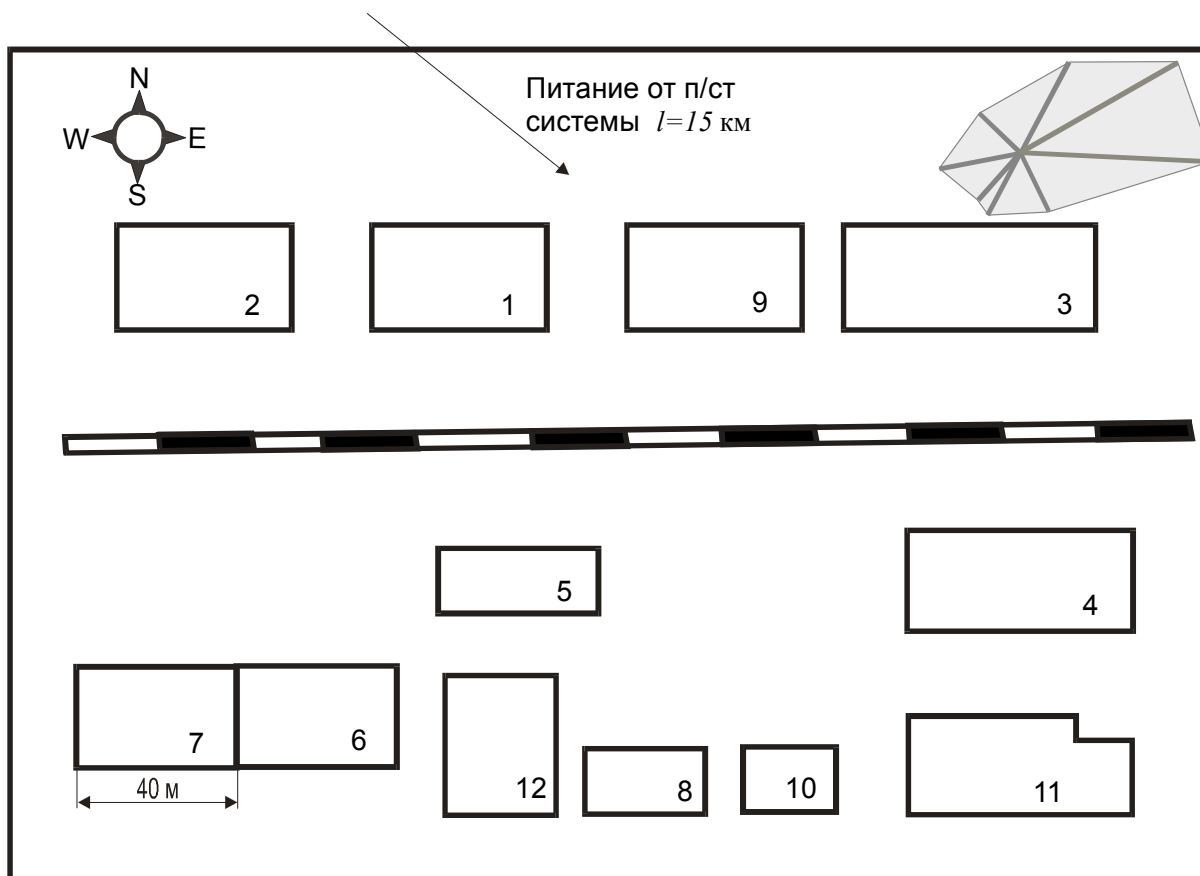


Генплан завода по производству запасных деталей к тракторам

Задание № 2

Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Механический	2	900	-	490	740	560	-	590	880	700	490
2	Термический	2	200	800	600	500	820	360	190	280	560	700
3	Заготовочный	2	250	400	350	280	300	200	210	330	220	280
4	Инструментальный	2	490	700	-	900	500	580	-	700	900	-
5	Кузнечный	2	480	620	800	-	780	920	900	-	800	950
6	Котельная	3	600	700	650	500	900	800	650	620	580	550
7	Электроцех	2	360	400	250	280	200	390	300	200	270	370
8	Экспериментальный	2	370	270	200	300	390	200	280	250	400	360
9	Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ	3	800 60	900 80	1000 120	1300 80	1100 85	700 45	950 40	1500 125	2000 160	1300 80
10	Насосная	3	600	900	290	800	380	700	590	290	660	900
11	Лаборатория	2	150	200	230	250	180	160	170	210	280	320
12	Ремонтно-механический	2	-	400	840	-	820	-	790	970	590	580

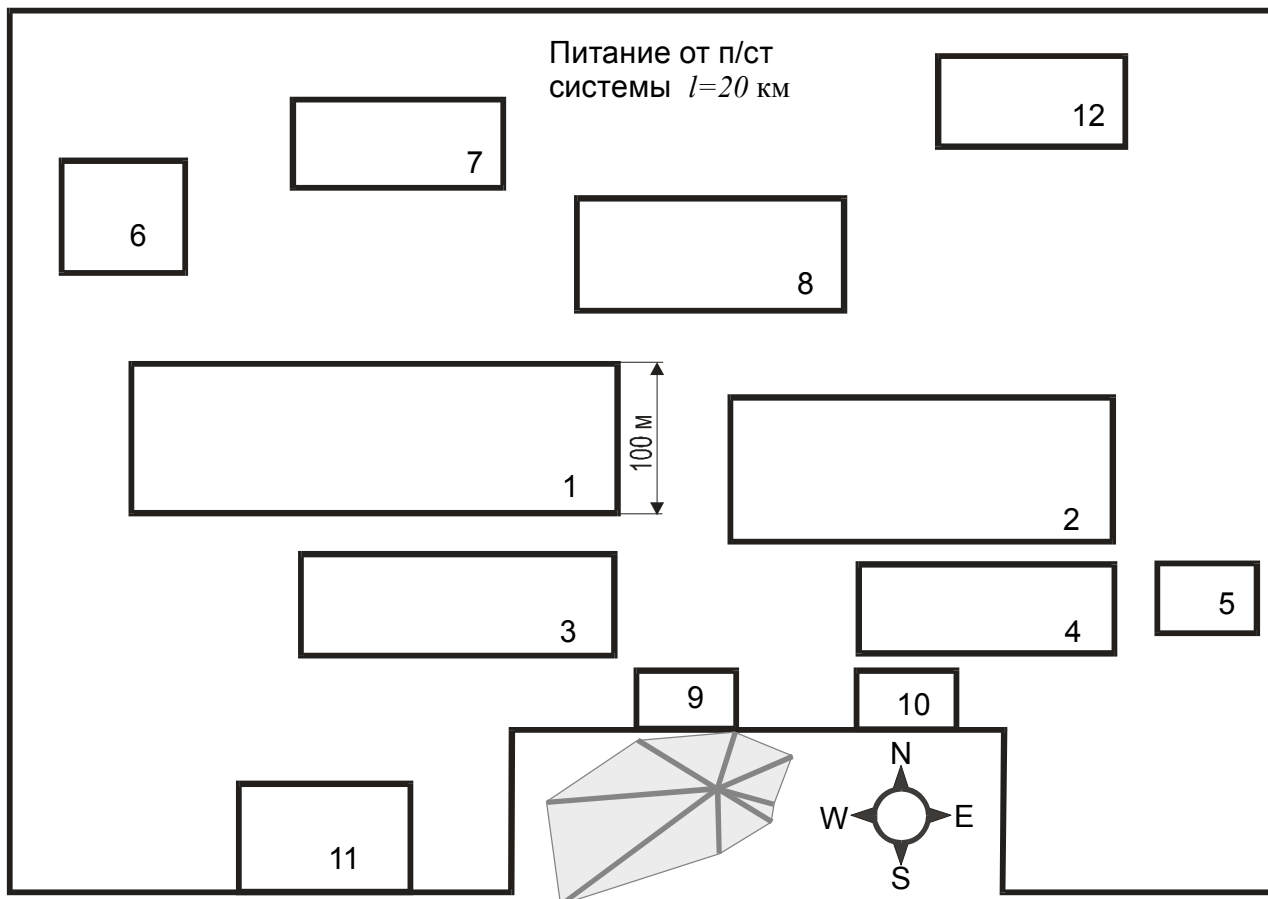


Генплан автозавода

Задание № 3

Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Гл. конвейер	3	900	890	800	390	700	650	690	700	950	850
2	Моторный	2	400	500	700	590	390	420	720	690	990	350
3	Кузовный	2	700	900	600	390	490	250	280	680	590	800
4	Инструментальный	2	700	600	-	500	400	800	300	200	450	-
5	Ремонтно-механический	2	400	300	250	-	500	450	370	430	-	350
6	Деревообрабатывающий	2	280	290	360	450	-	470	510	-	690	380
7	Литейный	3	800	-	790	580	620	-	480	900	700	820
8	Кузнечный	2	-	700	800	1300	1250	1100	-	870	900	830
9	Заводоуправление	1	120	110	120	140	130	125	137	145	135	115
10	Лаборатория	1	100	97	112	125	85	118	90	80	80	85
11	Столовая	2	500	530	470	450	510	400	480	510	520	500
12	Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ	3	880 65	800 45	750 50	830 60	700 60	740 40	600 45	650 40	710 55	820 65



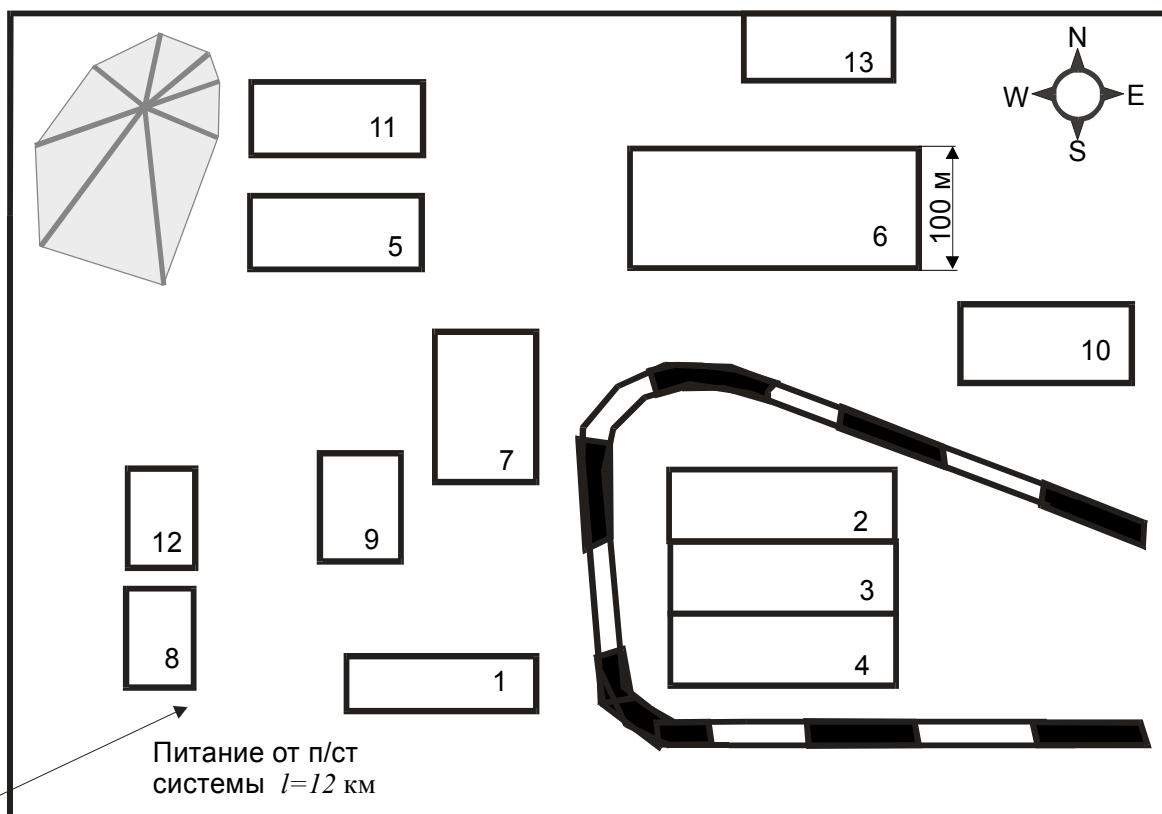


Генплан завода среднего машиностроения

Задание № 4

Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Литейный	3	1000	700	590	750	690	900	850	930	660	880
2	Механический	2	-	900	800	900	-	580	850	-	700	880
3	Инструментальный	2	350	400	700	-	800	500	900	700	-	600
4	Штамповочный	2	520	400	670	900	500	700	1000	800	600	950
5	Деревообрабатывающий	2	280	-	170	150	300	-	200	250	210	-
6	Сборочный	2	200	250	400	300	200	360	500	400	500	300
7	Кузнечный	2	760	900	-	1200	800	1100	-	950	1000	830
8	Экспериментальный	2	380	280	400	420	250	300	350	410	300	200
9	Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ	3	1500 160	1100 120	1000 80	1200 75	1000 55	1300 65	800 45	700 40	900 60	1000 80
10	Насосная	3	800	900	480	700	920	950	560	600	800	850
11	Лаборатория	2	150	200	220	170	160	210	150	90	130	120
12	Ремонтно-механический	2	180	250	200	230	190	160	300	240	200	160
13	Заводоуправление	1	100	60	54	65	33	70	40	55	30	35

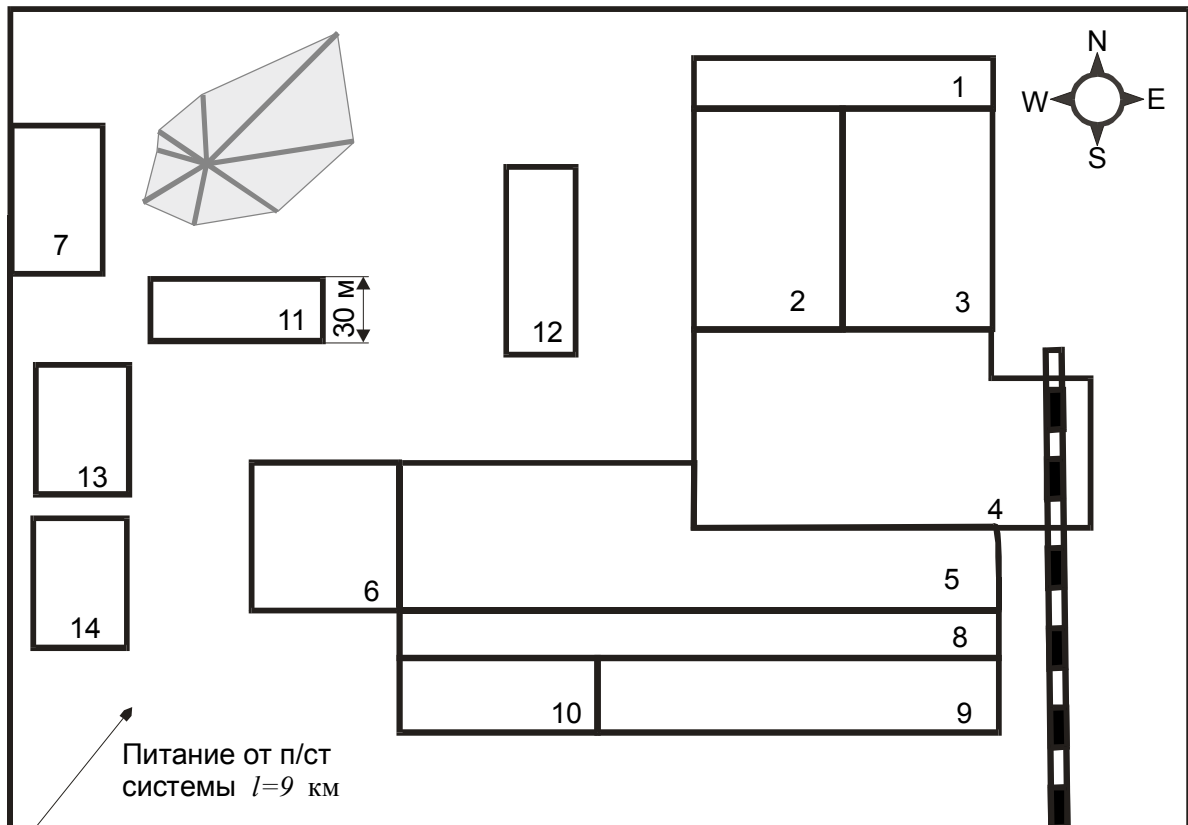


**Генплан инструментального завода**

**Задание № 5**

**Сведения об электрических нагрузках**

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Термическое отд.1	2	780	900	800	860	500	560	880	790	700	460
2	Заготовительный	2	800	700	400	1000	500	900	450	830	1100	600
3	Сверлильный	2	600	800	660	480	900	700	560	770	800	590
4	Цех плашек	2	800	900	500	400	1000	700	600	750	680	390
5	Цех метчиков	2	880	290	400	390	400	500	360	950	800	700
6	Деревообрабатывающий	2	-	140	250	-	200	170	-	160	220	-
7	Ремонтно-механический	2	280	-	190	250	-	600	520	-	400	220
8	Термическое отделение 2	2	800	700	490	600	570	390	580	990	780	890
9	Испытательная станция	1	160	120	180	140	100	90	150	130	80	110
10	Кузнечный	2	580	700	-	800	900	-	1100	600	-	800
11	Склад	2	200	180	120	150	140	130	190	170	130	120
12	Заводуправление	1	250	300	320	240	280	260	270	190	340	380
13	Насосная	3	400	300	450	270	280	420	330	370	410	250
14	Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ	3	1200 85	2500 125	1000 85	1600 105	900 85	1100 120	1300 140	2000 140	2800 160	1400 60

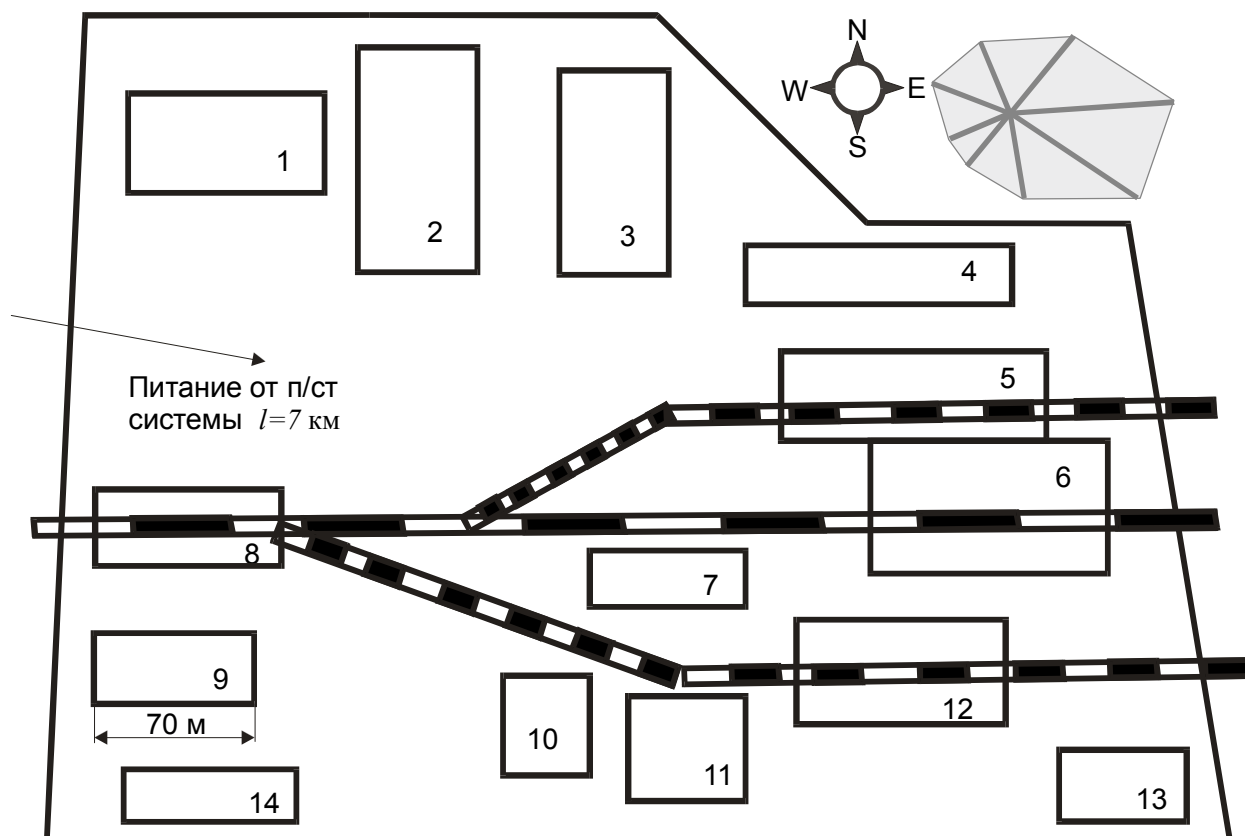


Генплан вагоноремонтного завода

Задание № 6

Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Пилорама	1	40	40	40	60	40	80	40	80	80	60
2	Литейный	2	-	1000	1500	1200	1100	740	700	800	-	1400
3	Кузнечный	2	600	-	400	700	250	1100	300	500	1000	-
4	Склад	1	20	30	10	40	20	50	40	30	20	15
5	Подъемный	2	100	150	200	100	110	150	170	110	170	300
6	Колесный	2	1200	2700	2100	1500	1100	1300	2000	2100	2300	1100
7	Инструментальный	2	470	630	-	520	430	500	800	-	900	740
8	Покрасочный	2	40	20	25	40	30	15	20	25	35	40
9	Деревообрабатывающий	2	330	410	520	-	670	450	-	370	200	240
10	Котельная	3	60	30	40	50	70	30	40	60	45	50
11	Компрессорный 6 кВ (СД) 0,38 кВ	2	300	270	400	450	410	280	320	330	600	700
			25	30	60	35	55	25	30	40	40	50
12	Сварочный ПВ=25%	2	150	120	170	240	170	150	230	250	400	270
13	Механический	2	620	770	810	640	-	-	500	400	360	710
14	Заготовительный	1	100	110	120	175	170	180	150	110	200	160

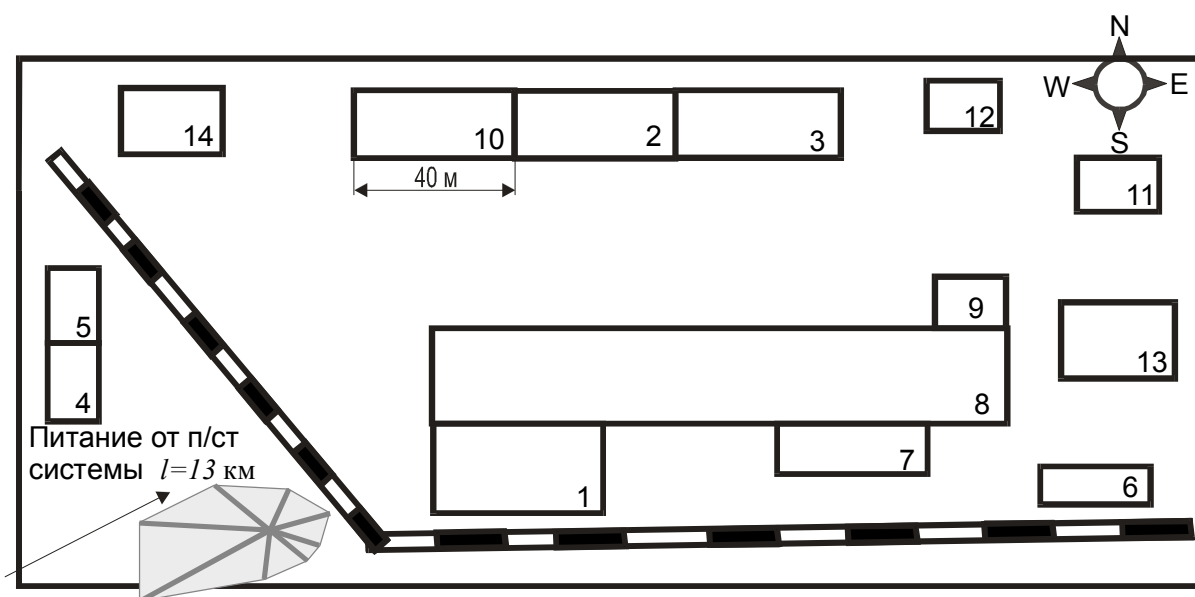


Генплан цементного завода

Задание № 7

Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Отд. сырьевых мельниц:											
	0,38 кВ	3	1180	1400	1600	2100	1500	2500	2700	1000	2400	2000
	10,5 кВ	3	6400	7000	5050	9000	7100	6500	5400	8100	8400	6200
2	Печное отделение:											
	0,38 кВ	3	1300	1200	1700	1600	2500	1500	1650	1200	1100	900
	10,5 кВ	3	1200	1600	2200	2400	3100	3050	1500	1200	1400	840
3	Угольное отделен.											
	0,38 кВ	3	200	300	150	250	440	400	520	210	340	230
	10,5 кВ	3	1500	2100	2500	1100	1400	2000	1200	1400	920	2100
4	Отделение первичного дробления	3	320	250	480	150	120	140	180	210	150	450
5	Отделение вторичного дробления	3	1600	2200	1400	1100	3100	1250	800	750	1400	1100
6	Компрессор. 10 кВ	3	4200	6600	6200	4000	2100	1400	5000	5200	4000	5100
7	Цех цемен. мельниц	3	3600	3000	2200	3200	2500	1400	1000	1700	820	750
8	Объединенн. склад	3	860	400	520	640	350	210	340	500	420	180
9	Механический	3	200	-	400	-	700	-	500	-	310	-
10	Отделение электрофилтрации	3	2400	1200	1400	1700	1500	2100	3200	1100	2200	2000
11	Канализационно-насосная станция	3	20	40	70	80	45	34	25	47	96	100
12	Насосная	3	1200	1400	900	1200	1900	1200	1500	1700	1700	840
13	Ремонтно-механич.	3	-	210	-	400	-	340	-	460	-	500
14	Прием угля	3	300	120	140	350	520	400	720	180	440	280

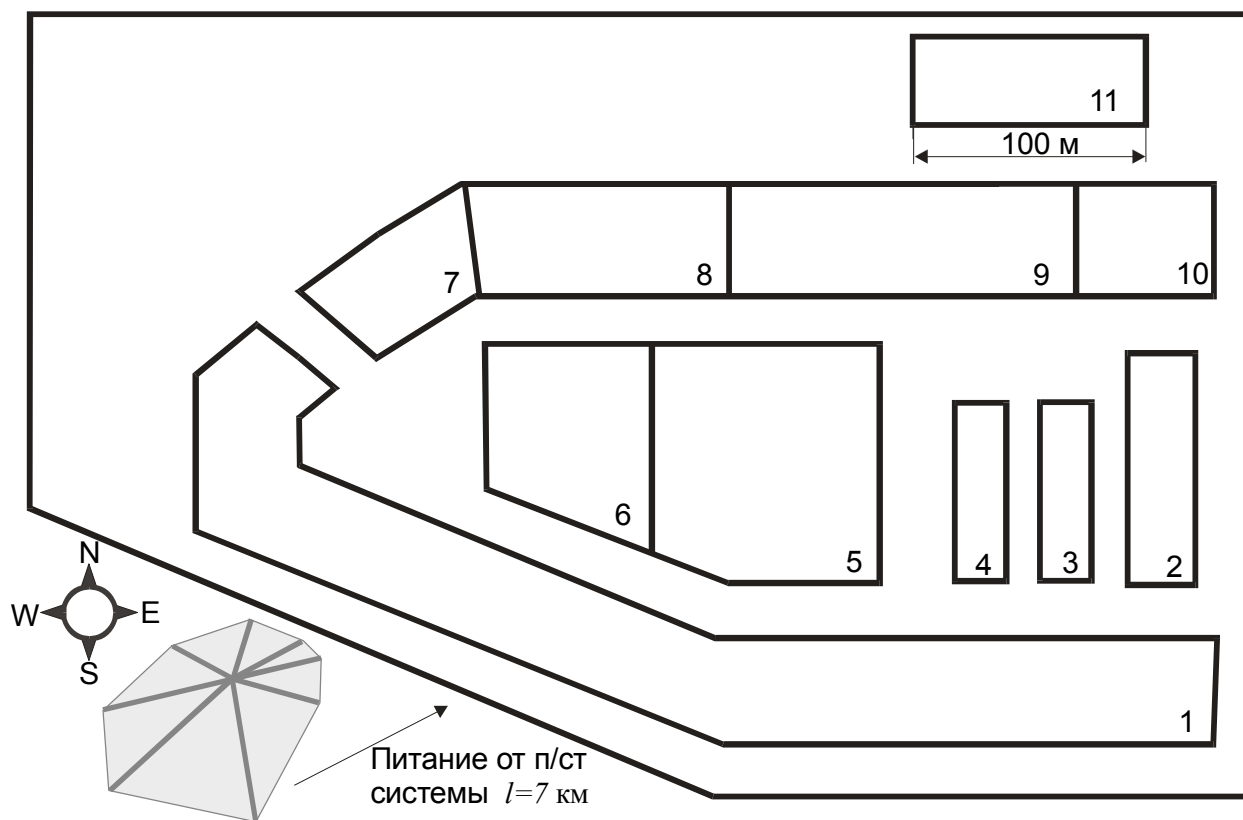


Генплан завода электротехнической промышленности

Задание № 8

Сведения об электрических нагрузках

№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Главный корпус	3	900	980	800	700	990	380	500	480	800	900
2	Заводоуправление	1	60	75	50	90	105	75	100	75	105	110
3	Механический	2	500	600	-	720	-	750	520	900	950	-
4	Инструментальный	2	1200	-	700	1000	600	-	1100	1200	1000	400
5	Обмоточный	2	490	420	340	700	650	520	330	300	750	850
6	Лаборатория	2	70	100	110	60	80	150	120	90	105	140
7	Кузнечный	2	700	900	600	400	500	1000	-	800	-	500
8	Штамповочный	2	1000	1100	1500	1000	1200	1300	800	1400	1000	1200
9	Сборочный	2	500	700	490	900	800	960	790	500	780	990
10	Литейный	2	-	800	600	-	900	500	700	-	400	900
11	Компрессорная 10 кВ (СД) 0,38 кВ	3	400	500	300	600	570	430	650	480	700	500
			25	40	25	50	40	35	50	40	50	60

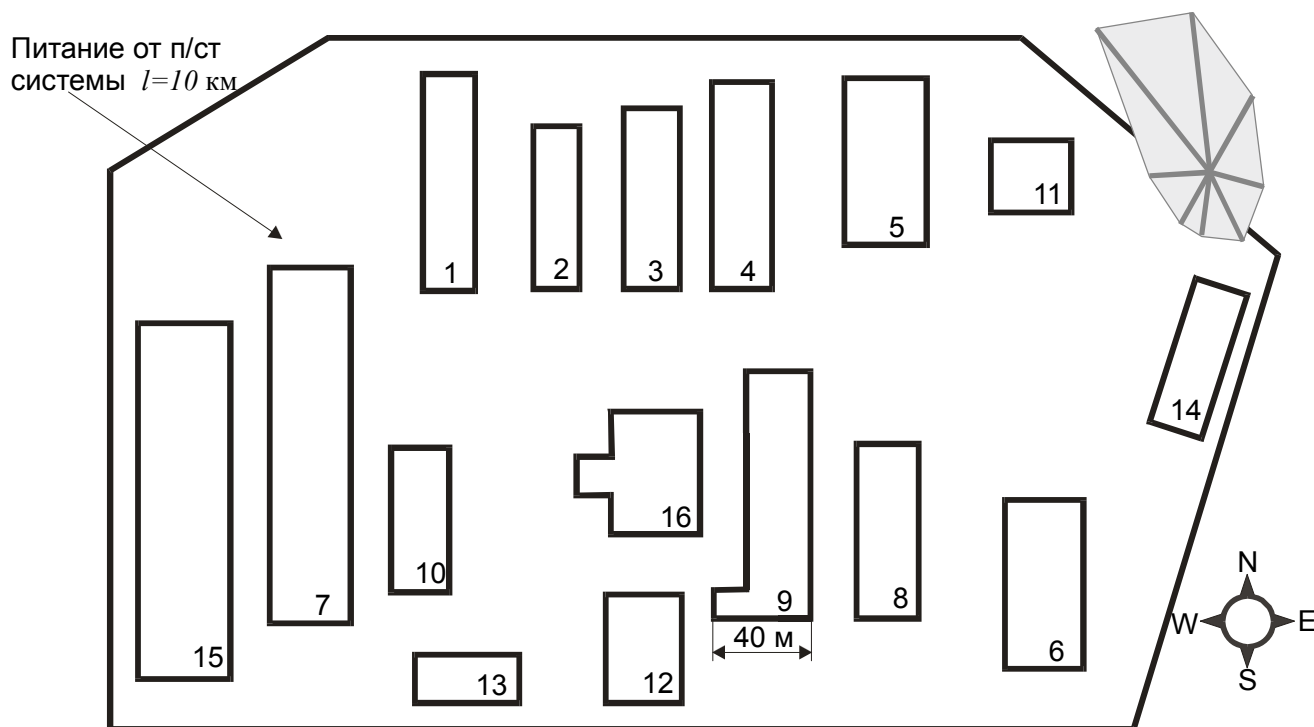


Генплан химического комбината

Задание № 9

Сведения об электрических нагрузках

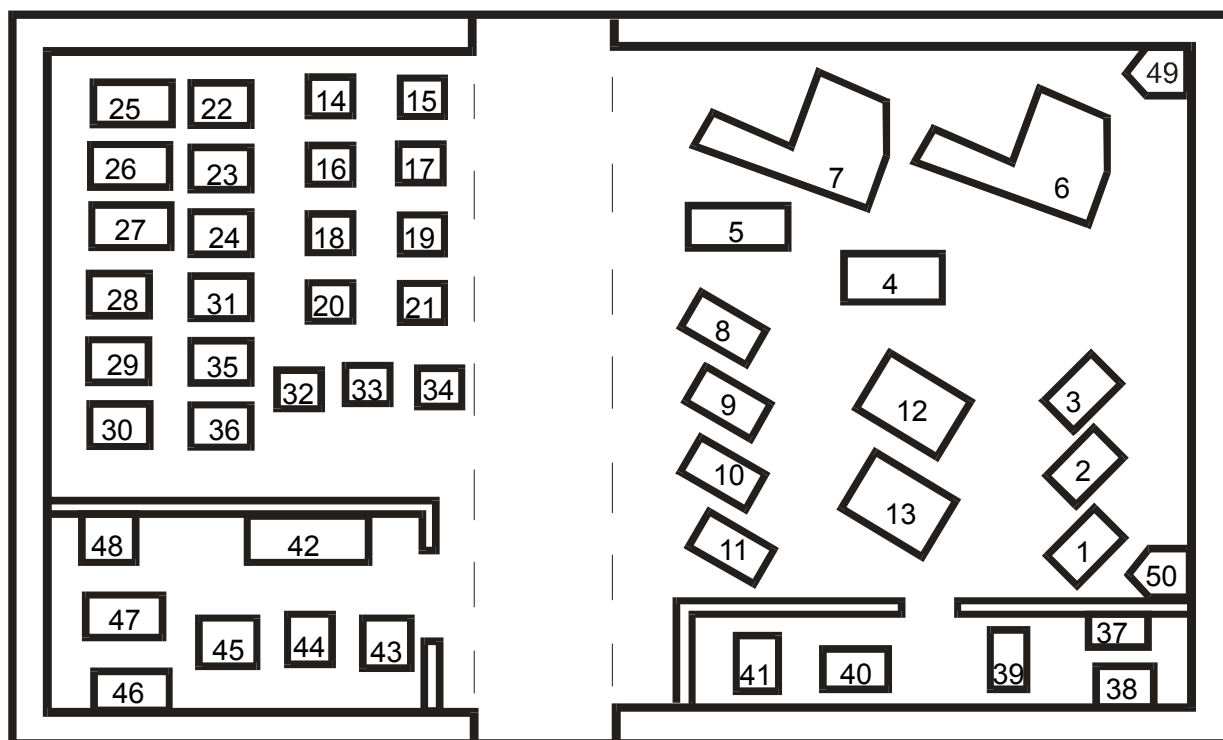
№	Наименование цеха	Число смен	Установленная мощность, кВт									
			Номер варианта задания									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Сернокислотное отделение	3	910	850	780	900	680	840	800	960	750	700
2	Печное отд. № 1	3	660	600	700	720	580	500	480	800	820	680
3	Кислотное отд.	3	500	800	600	660	580	630	700	900	780	580
4	Склад аппатита	3	260	280	320	400	200	620	470	300	440	420
5	Операционное отд.	3	200	1000	400	440	800	700	300	320	850	600
6	Склад готовой продукции	3	500	600	380	280	620	400	450	570	420	350
7	Цех фторсолей	3	900	800	600	1000	700	680	850	980	750	1100
8	Кузнечный	2	-	700	660	-	400	500	-	800	600	-
9	Печное отд. № 2	3	600	-	500	400	-	660	300	-	200	350
10	Цех тукосмесей	3	500	280	440	750	300	240	580	440	600	200
11	Ремонтно-механический	2	300	580	-	600	220	-	500	420	-	510
12	Цех суперфосфата	3	800	900	500	700	600	860	700	860	260	550
13	Компрессорная											
	10 кВ	3	2500	2800	1700	1400	2100	2000	1800	1900	1740	1600
	0,38 кВ	3	250	300	220	200	190	180	260	310	170	160
14	Заводоуправление	1	500	450	480	440	290	550	470	400	600	370
15	Цех СМС	3	800	700	760	850	690	800	900	960	900	500
16	Котельная	3	500	290	900	730	440	600	400	390	380	700



Приложение 1

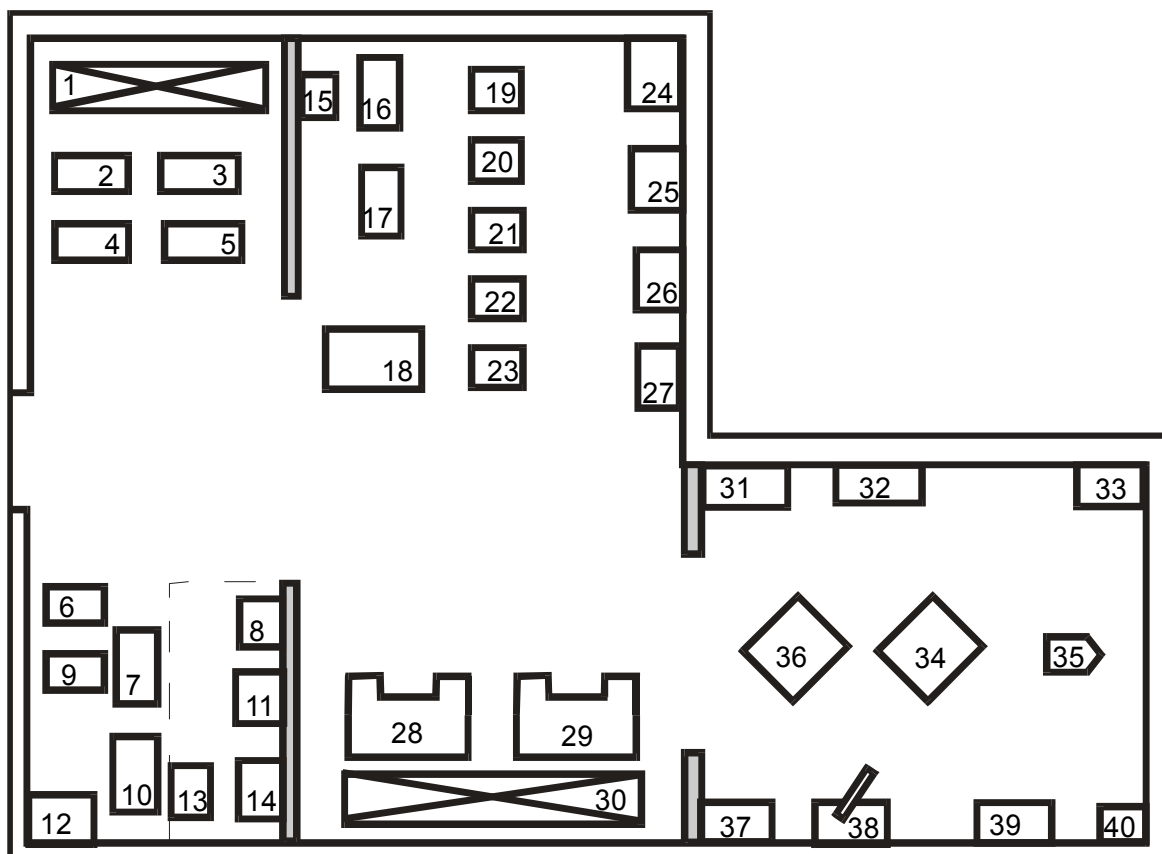
План механического цеха  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-3	Вертикально-фрезерный станок	3	4	7	5	8	10	4	6	3	9
4-5	Фрезерный станок с ЧПУ	12	14	10	16	20	17	15	18	12	22
6,7	Универсально-фрезерный станок	9	10	12	8	11	12	7	8	16	14
8-11	Токарно-револьверный станок	2	4	5	3	6	4	7	5	2	9
12,13	Токарно-винторезный станок	10	14	15	18	12	17	20	18	13	11
14-21	Настольно-сверлильный станок	2	3	1,5	4	6	2,2	6	3	5	4
22-24	Резьбонарезной полуавтомат	0,5	1	2	3	2,2	3	4	1	1,2	3
25,26	Заточной станок	4	2	3	7	5	9	10	6	1	7
27	Листозагибочная машина	15	18	12	20	22	19	21	17	16	14
28-31	Точильно-шлифовальный станок	3	2	6	1	7	5	4	8	9	11
32-34	Вертикально-сверлильный станок	2	5	1	7	3	9	8	4	1	6
35,36	Радиально-сверлильный станок	3	8	10	11	9	6	7	12	5	4
37,38	Универсально-заточной станок	1	4	2	7	10	7	5	3	11	8
39	Плоскошлифовальный станок	10	11	14	16	19	13	15	17	18	12
40,41	Полировальный станок	8	9	7	4	5	10	6	2	11	3
42	Сварочная машина	5	8	6	10	9	7	4	11	4	9
43-48	Сварочная кабина	4	7	5	6	8	9	7	4	6	5
49,50	Вентиляторы	8	12	14	10	10	6	8	20	24	16



**План кузнечного цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

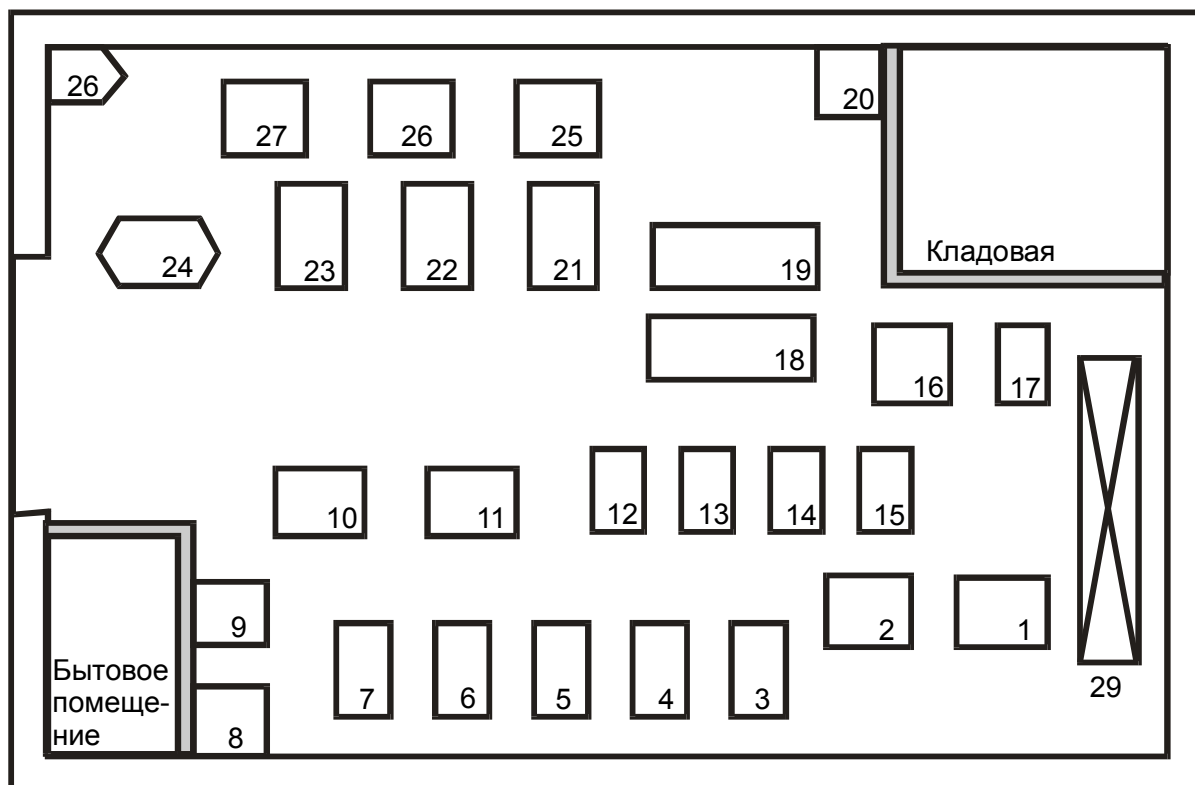
Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1,30	Кран-балка ПВ=40%	40	30	50	24	15	20	34	28	40	20
18	Пресс	60	50	40	40	50	60	32	50	70	40
2-5	Фрезерный станок	8	12	6	7	10	9	14	8	16	7
6-8,10	Трубогибочный станок	10	10	20	20	30	15	18	12	10	14
9,26	Шлифовальный станок	6	8	7	6	14	12	8	10	12	8
12,13,14,24	Сварочный трансформатор ПВ=25%	20	20	20	40	40	50	50	50	40	40
31	Вентилятор	12	8	10	4	2	6	4	8	10	7
15,27	Сушильный шкаф	40	24	12	12	8	16	14	20	15	8
16,17	Закалочная печь	30	30	28	20	20	40	100	60	50	40
19-23,25,34	Токарный станок	18	12	6	10	6	17	9	14	15	6
37	Сверлильный станок	4	6	5	8	11	7	4	10	15	4
28,29	Электрованна	26	28	14	40	60	40	50	70	20	30
32,36	Электромолот	22	12	44	60	40	70	30	34	19	25
38	Поворотный кран	6	8	7	9	5	8	7	10	6	5
33,40	Вентилятор горна	10	14	12	12	14	19	20	10	20	15
35	Обдирочный станок	24	14	8	12	14	16	10	13	17	21
39	Нагревательная плита	14	20	8	15	15	8	6	13	8	10





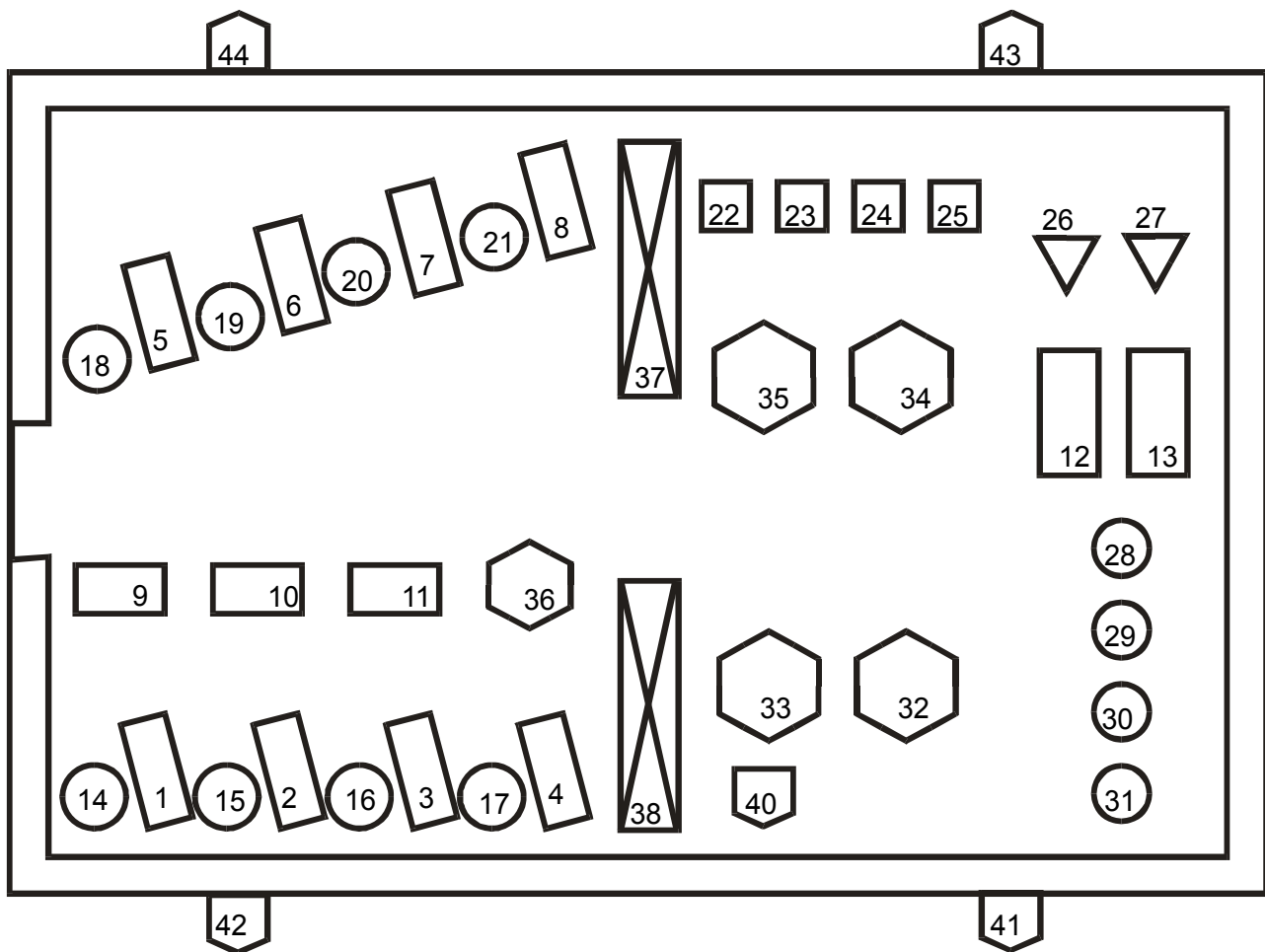
**План ремонтно-механического цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1,2	Шлифовальный полуавтомат	21	23	19	18	22	17	24	20	15	14
3-7	Поперечно-строгальный станок	10	11	14	18	9	7	12	13	8	15
8,9	Универсально-заточной станок	3	7	4	6	5	8	9	3,5	5	10
10,11	Вертикально-фрезерный станок	12	9	6	7	10	11	8	5	6,2	9
12-15	Токарно-винторезный станок	4,5	3	2,8	4	6	5,2	2	5	3,8	7
16,17	Плоскошлифовальный станок	9,8	6	4,4	7	5,5	3	6,6	9	8,4	8
18,19	Гальваническая ванна	1,7	2	2,2	2	3,4	4	1,4	3	2,8	5
20	Гидравлический пресс	7	6	2	5	8	9	4	3	2,4	9
21-23	Горизонтально-фрезерный станок	3	9,4	5	7	3	6	2	4	4,3	8
24	Плоскошлифовальный станок	28	22	18	20	24	27	16	14	19	25
25-27	Радиально-сверлильный станок	7	6	3	10	9	8	11	4	12	10
28	Вентилятор	55	58	48	40	42	60	62	49	52	50
29	Кран-балка ПВ=25%	25	28	18	16	22	24	30	32	17	14



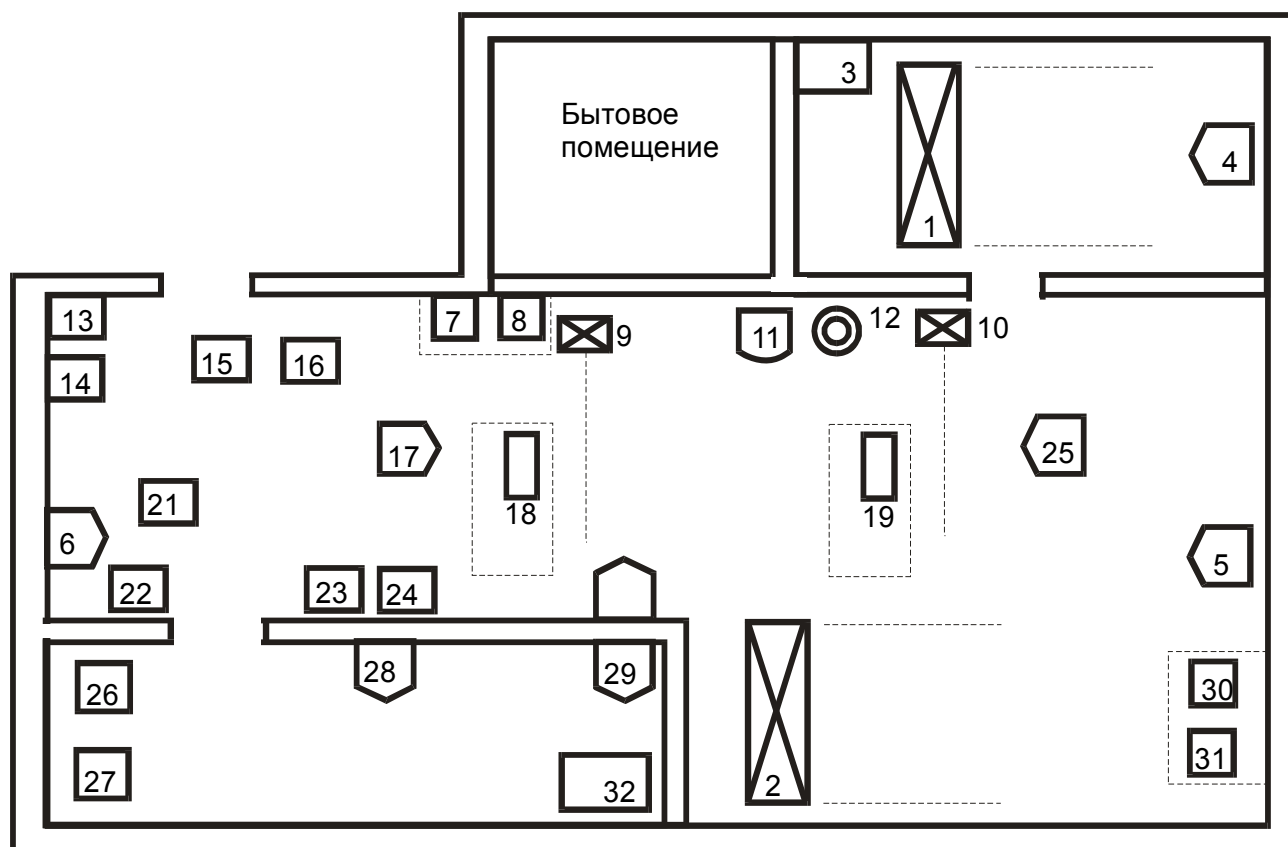
**План литейного цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-4	Литейная машина	12	16	14	15	11	10	19	17	14	13
5-8	Литейная машина	26	30	22	27	25	20	28	26	24	29
9-11	Очистной барабан	7	9	10	6	5	11	7	8	12	14
12,13	Электротермическая печь	30	50	33	34	42	40	38	26	22	36
14-21	Плавильная электропечь	55	47	40	64	58	50	60	45	62	66
22-25	Электротермическая печь	14	10	12	18	11	16	20	22	19	15
26,27	Сушильный шкаф	2	3	5	6	9	1	7	4	8	10
28-31	Электрозакалочная печь	9	7	11	13	5	6	8	10	13	4
32,33	Электротермическая печь	75	80	100	95	60	90	85	110	70	65
34,35	Электропечь индукционная	60	55	50	84	66	48	39	62	74	78
36	Голтовочный барабан	7	6	9	5	4	8	10	11	14	12
37,38	Кран-балка ПВ=25%	10	9	8	12	6	15	7	15	8	11
40-44	Вентилятор	13	15	18	22	15	17	14	12	10	18



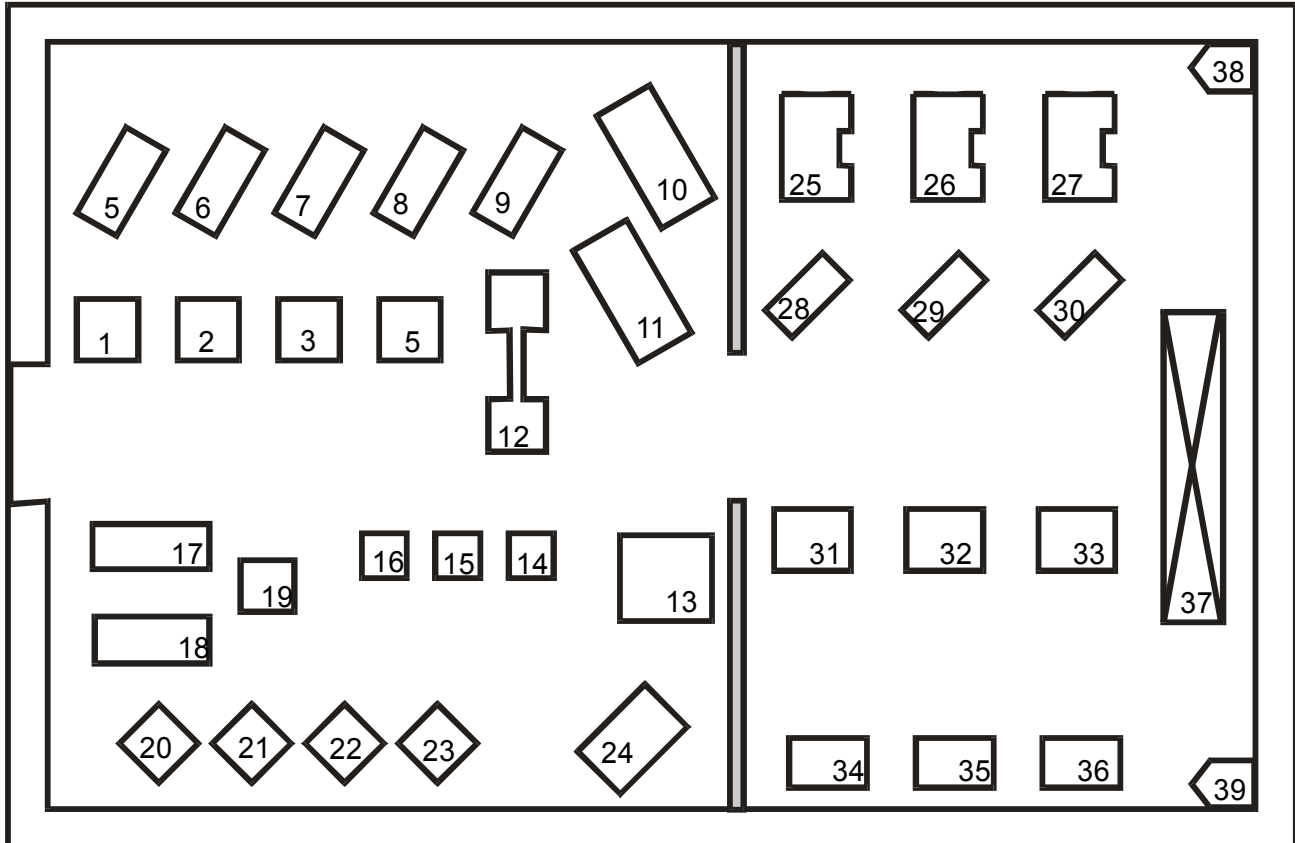
**План печного отделения № 2**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1,2	Кран-балка ПВ=40%	16	11	14	15	10	12	17	13	18	19
3	Компрессор	150	160	250	220	190	175	280	300	165	160
4-6	Вентилятор	2	6	4	7	3	8	9	5	2,5	5
7,8	Насосы скрубера № 2	13	12	17	10	11	15	8	9	14	16
9,10	Тельфер печи № 1 и № 2	3	1	6	1,5	4	2	5	8	2,2	3
11	Сварочный трансформатор, кВА	25	30	33	32	28	27	31	34	22	20
12	Сварочный преобразователь	28	33	36	34	32	31	35	38	26	24
13,14	Насос высокого давления	30	31	34	33	37	28	22	25	35	32
15,16	Насос технической воды	20	19	21	18	24	16	17	25	22	15
17	Дымосос № 1	28	21	30	35	31	32	27	25	26	33
18,19	Привод печи № 1 и № 2	10	11	9	8	7	12	13	14	15	16
21,22	Насосы растворов	4	5	6	3	7	4,8	9	8	4,2	2,5
23,24	Растворы подачи воды	7	8	9	5	10	8	12	13	6	6,6
25	Дымосос № 2	40	50	44	38	51	39	30	48	55	58
26,27	Насос низкого давления	15	17	14	13	20	21	19	18	16	22
28	Вентилятор печи № 1	16	18	15	14	21	22	20	19	17	23
20	Вентилятор первичного воздуха	20	22	19	18	17	16	21	15	14	24
29	Вентилятор вторичного воздуха	7	8	6	10	9	11	7,5	9	12	9,5
30,31	Насосы скрубера № 1	10	11	18	12	19	13	14	17	15	16
32	Шнек готового продукта	5	7	3	4	9	8	6	6,2	8	6



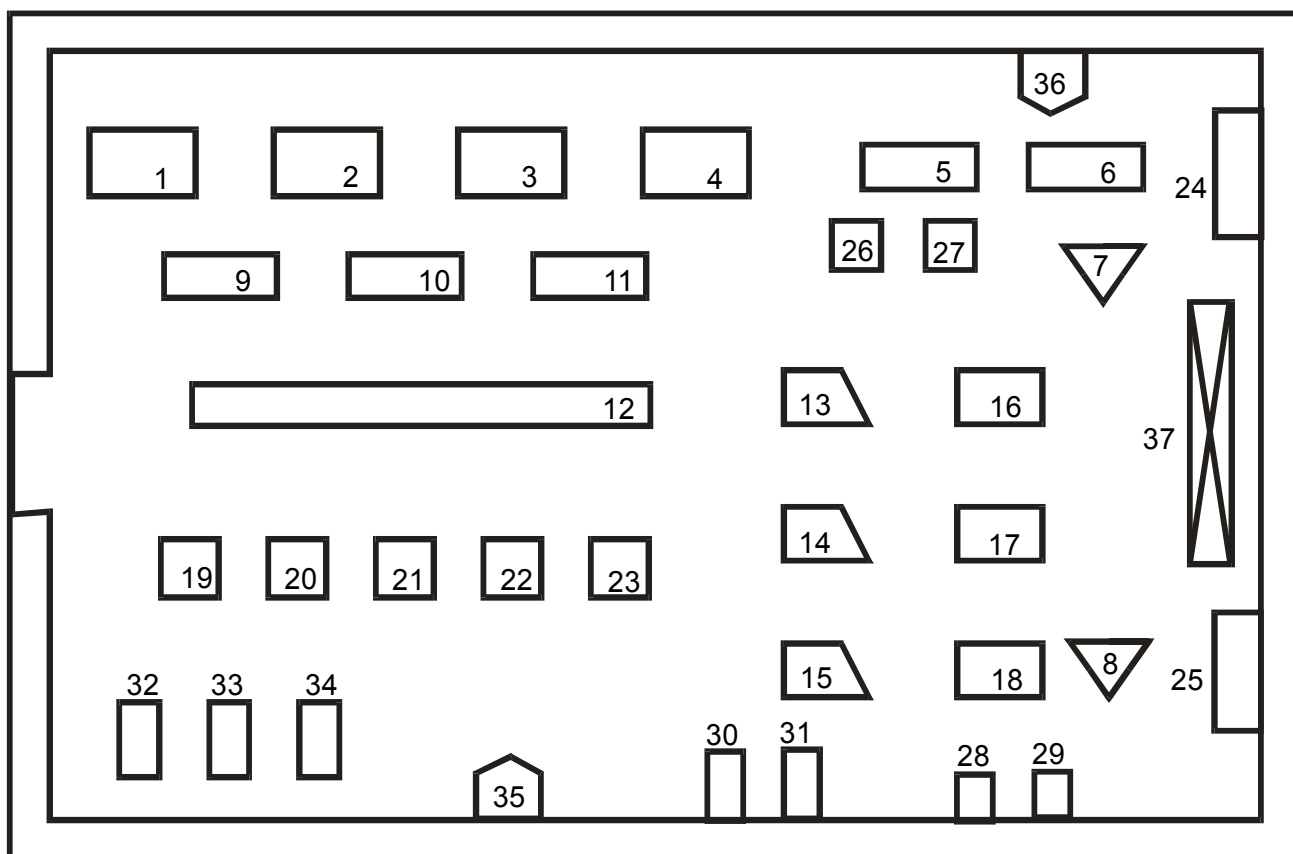
**План инструментального цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-4	Электроэрозионный станок	29	30	25	37	22	24	33	35	20	22
5-9	Токарный станок	15	10	18	19	14	17	15	20	23	11
10,11	Горизонтально-фрезерный станок	16	18	15	10	17	20	25	14	12	17
12	Гидравлический пресс	50	46	58	55	44	40	70	64	65	52
13	Токарный станок с ЧПУ	30	29	45	40	35	28	33	44	40	52
14-16	Токарный станок	20	15	25	28	30	29	31	24	26	28
17,18	Вертикально-сверлильный станок	16	10	12	14	15	9	18	14	20	22
19	Долбежный станок	17	23	16	20	15	15	19	29	25	22
20-23	Фрезерный станок	16	15	10	18	17	12	20	21	15	16
24	Механический пресс	50	60	70	40	65	58	55	62	75	62
25-27	Внутришлифовальный станок	15	12	16	17	10	18	20	22	17	19
28-30	Плоскошлифовальный станок	19	22	18	10	22	17	15	12	16	18
31-36	Координатно-расточной станок	19	20	24	18	25	22	16	21	28	23
37	Кран=балка ПВ=40%	40	30	50	45	60	29	35	75	60	55
38,39	Вентилятор	10	12	16	20	10	12	18	22	8,5	14



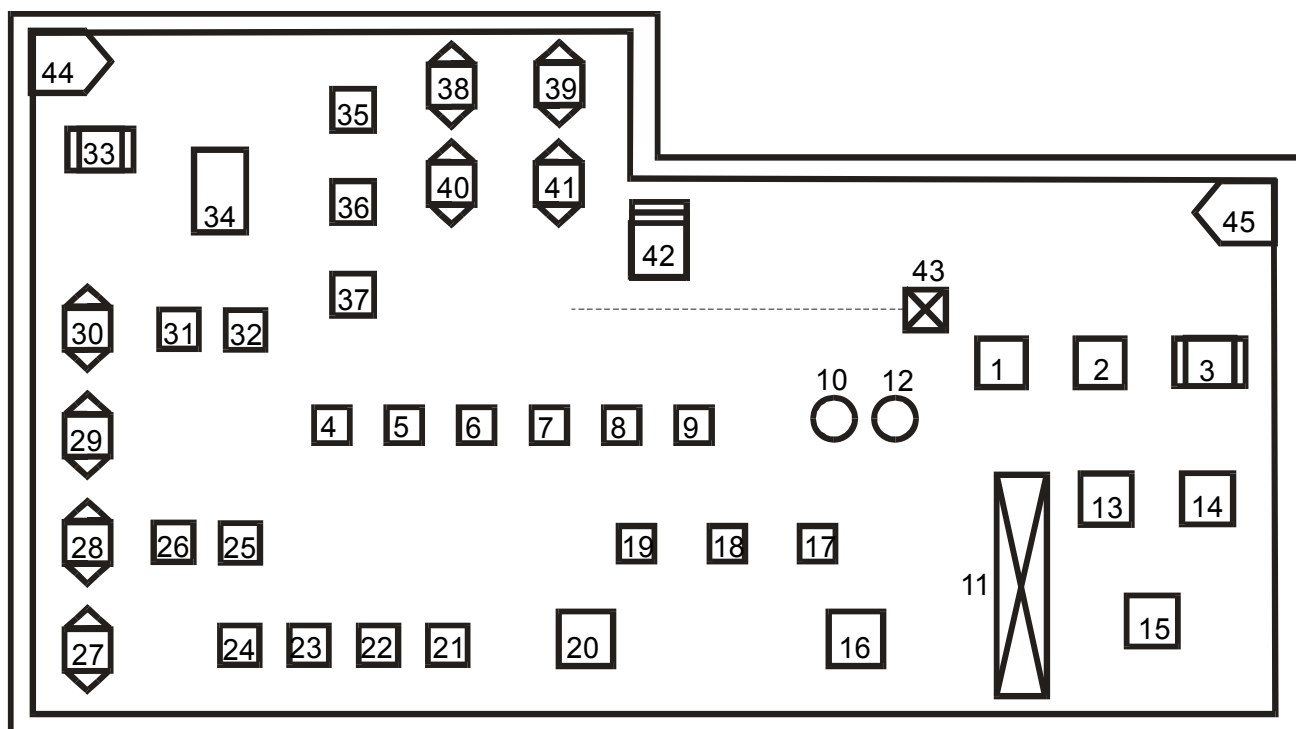
**План деревообрабатывающего цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт										
		Номер варианта										
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0	
1-4	Шлифовальный станок	10	20	15	22	18	11	16	14	19	17	
5,6	Сверлильный станок	7	6	8	10	9	5	11	8,5	9	8	
7,8	Сушильный шкаф	60	55	40	65	70	38	44	50	39	35	
9-12	Фуговальный станок	21	27	19	15	17	16	20	22	24	18	
13-15	Циркулярная пила	18	16	14	17	19	15	12	20	21	13	
16-18	Пресс	10	9	12	8	14	16	12	8	15	7	
19-23	Токарный станок	15	18	13	16	12	14	19	11	10	17	
24,25	Полировочный станок	20	22	27	28	18	15	21	16	19	14	
26,27	Фрезерный станок	16	19	12	10	8	14	13	17	15	11	
28,29	Клееварка	5	8	6	9	7	4	10	11	5,5	7,5	
30,31	Сварочный трансформатор ПВ=40%	50	40	44	58	60	62	48	52	48	55	
32-34	Точильный станок	8	6	7	5	10	11	9	12	8,5	9	
35,36	Вентилятор	10	9	8	6	7	8,5	5	11	6,5	8	
37	Кран-балка ПВ=40%	22	20	19	16	21	24	18	15	17	23	



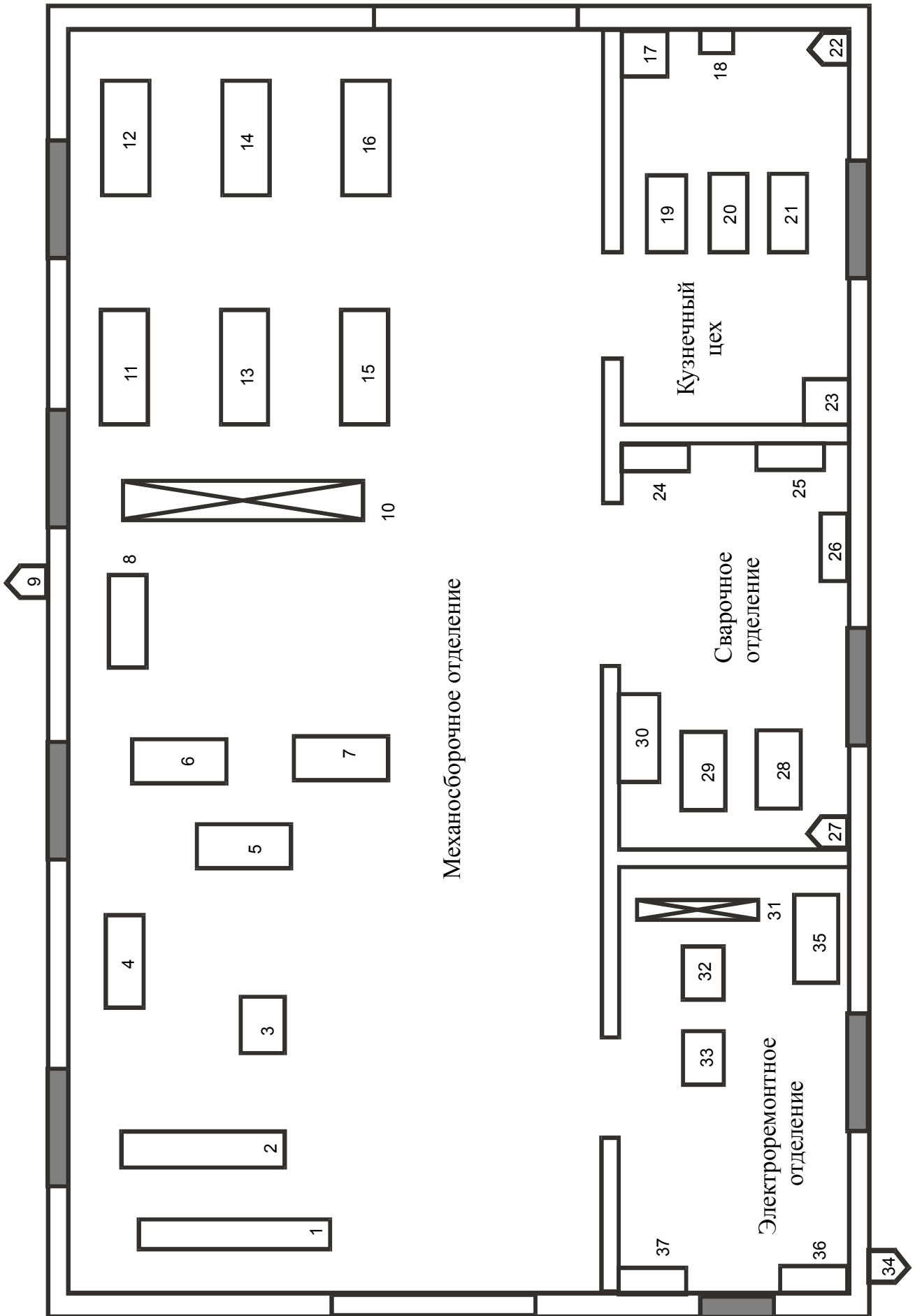
**План сокоочистительного цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1	Газовый насос	160	150	140	130	170	180	150	165	178	200
2	Вакуумный насос	125	130	150	100	110	120	135	140	144	160
3	Компрессор	70	80	66	58	75	60	90	72	48	50
4-9	Центрифуга	55	60	52	48	40	35	30	38	42	44
10,12	Генератор-двигатель	100	110	130	120	140	150	125	135	145	155
11	Кран-балка	15	12	10	14	9	8	11	13	11	18
13-15	Насос	10	14	12	16	14	15	18	20	21	17
16-26	Насос	40	45	50	52	48	58	60	52	54	46
27-30	Дисковые фильтры	5	4	7	6	4,5	8	5,5	9	6,2	7,5
31,32	Насос густого сиропа	50	60	30	44	42	55	52	62	48	40
33	Компрессор	20	22	24	18	20	21	25	28	19	27
34	Мешалка	3	4	2,8	5	2,4	6	4,4	3	1,8	2,8
35-37	Насос сырого сиропа	30	32	28	34	36	28	26	24	31	29
38-41	Фильтры	7	4	5	9	10	8	6	11	12	7
42	Транспортер	10	11	14	12	9	15	8	10	7	11
43	Тельфер	5	6	4	7	8	3	2,8	6	3,4	6
44,45	Вентилятор	10	12	7,5	5,5	4	8	10	10	12	18



**План ремонтно - механического цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

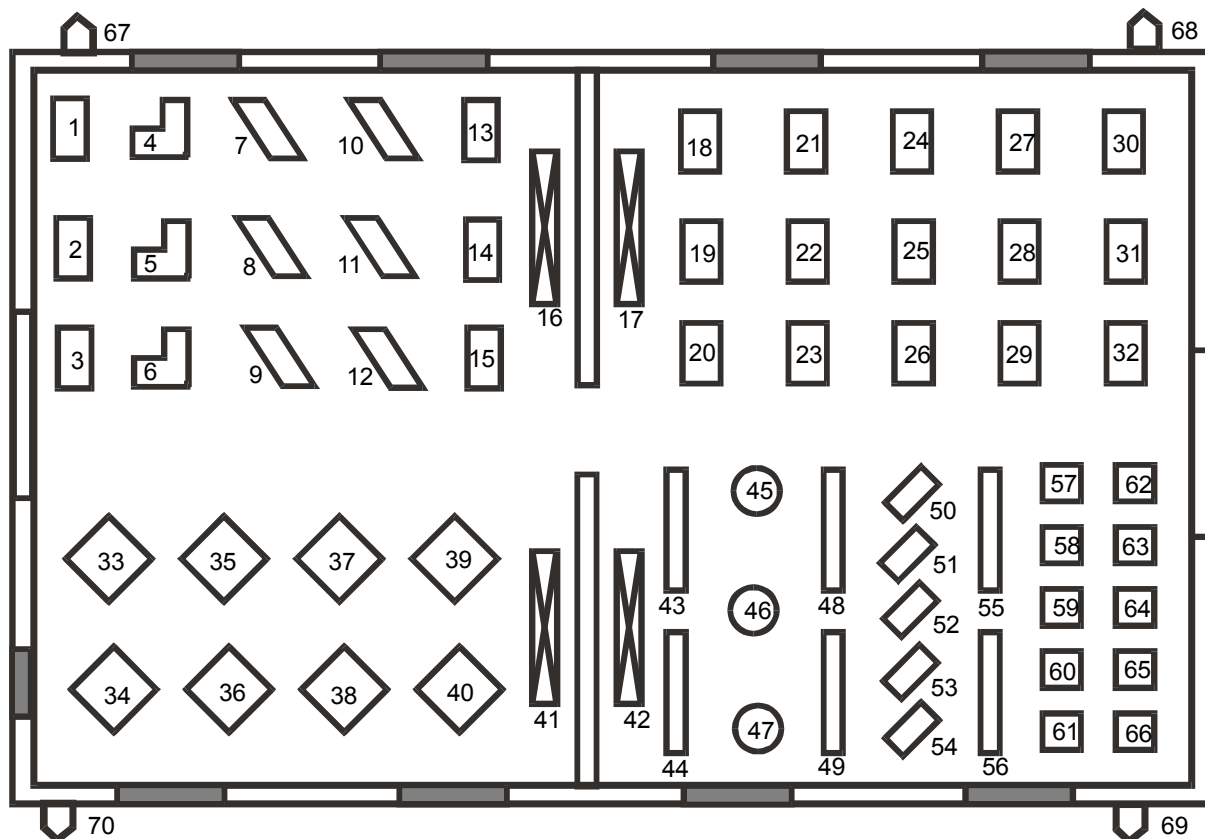
Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
	<b>1.Механическое отделение</b>										
1	Долбежный станок	7	10	8	6,5	5	8	4,5	9	7	7
2	Радиально-сверлильный станок	17	14	12	12,5	6,5	12	14	14,5	12	12
3	Зубофрезерный станок	1,7	2,4	2,4	3,0	3,2	1,7	2,1	2,5	3,0	3,0
4	Токарный станок	5	4	4	4,5	7,5	7,5	5	5,5	4,5	5,5
5	Круглошлифовальный станок	7	7,5	7,5	6	6	6	7,5	5,5	5,5	7
6	Токарный станок	10	11	10	11	10	11	11,5	8	7	9
7	Токарный станок	4,5	5,5	5,5	5,5	3,5	4	4	4,5	4,5	4,2
8	Строгальный станок	3,5	3,0	4,0	4,5	3,2	3,2	4,5	3,0	4,0	3,5
9	Вентилятор	3,2	3,0	3,0	4,0	2,8	2,7	5,5	5,5	5,0	4,5
10	Кран-балка, ПВ=40 %	7,3	7,5	7,5	7,0	5,5	5,5	8,0	11,0	7,5	7,5
11	Заточной станок	1,2	2,0	2,0	1,5	1,6	2,0	1,4	2,5	2,0	1,5
12	Сверлильный станок	2,8	2,0	2,5	2,7	3,2	3,0	4,0	2,5	1,8	2,5
13	Вертикально-сверлильный станок	4,5	4,0	5,0	5,5	5,5	4,0	5,5	7,0	4,5	4,5
14	Точило	2,2	2,2	2,0	1,8	1,9	2,2	2,5	2,0	2,7	2,5
15	Фрезерный станок	3,4	3,0	3,4	3,5	2,8	3,0	3,2	4,0	4,5	3,5
16	Сверлильный станок	1,0	2,0	2,5	1,0	1,5	1,5	2,2	2,3	2,5	1,5
	<b>2.Кузнечный цех</b>										
17	Пневматический молот	10	10,5	11	11	10,5	7,5	8,5	10	10,5	11
18	Точило	1,7	1,5	1,5	1,5	1,0	1,2	1,2	1,4	1,6	1,0
19	Электрическая печь	5,0	4,5	4,8	4,5	5,5	4,8	5,5	6,0	7,5	7,0
20	Электрическая печь	8	5,5	6,0	7,5	11	8,5	10,2	7,5	6,0	10
21	Электрическая печь	15	12	14,5	17	12	15	15	11,5	12,5	14
22	Вентилятор	4,5	5,5	5,5	7,5	4,0	4,0	5,5	7,0	5,5	4,0
23	Молот	8	10	12	12	11,0	7,5	8,5	9,0	10	11
	<b>3. Сварочное отделение</b>										
24,25	Преобразователь сварочный	15	14	15	12	16	18	12,5	10,5	14	15
26	Сварочный трансформатор, ПВ=40 %	12	14	16	18	12	14	16	12	14,5	16
27	Вентилятор	4,5	5,5	5,5	6,0	7,5	5,0	4,5	4,0	5,5	4,0
28,29	Машина электросварочная, точечная, ПВ=60 %	20	24	24	22	25	20	18,5	20	24	24
30	Сварочный агрегат, ПВ=60 %	40	3,	40	45	35	25	40	50	25	40
	<b>4.Электроремонтное отделение</b>										
31	Кран-балка, ПВ=40 %	7,3	7,5	5,5	5,5	7,5	11,0	5,5	4,0	7,5	8,2
32,33	Намоточный станок	1,7	1,5	1,2	1,6	1,7	1,8	2,0	2,5	1,8	1,6
34	Вентилятор	3,2	2,5	2,5	2,0	3,5	3,2	3,0	2,6	2,8	3,0
35	Сушильный шкаф	4,0	3,5	4,0	4,2	4,6	3,5	3,8	4,2	4,5	4,8
36,37	Настольно-токарный станок	1,0	1,0	1,2	1,6	1,5	1,2	1,0	1,2	1,4	1,3





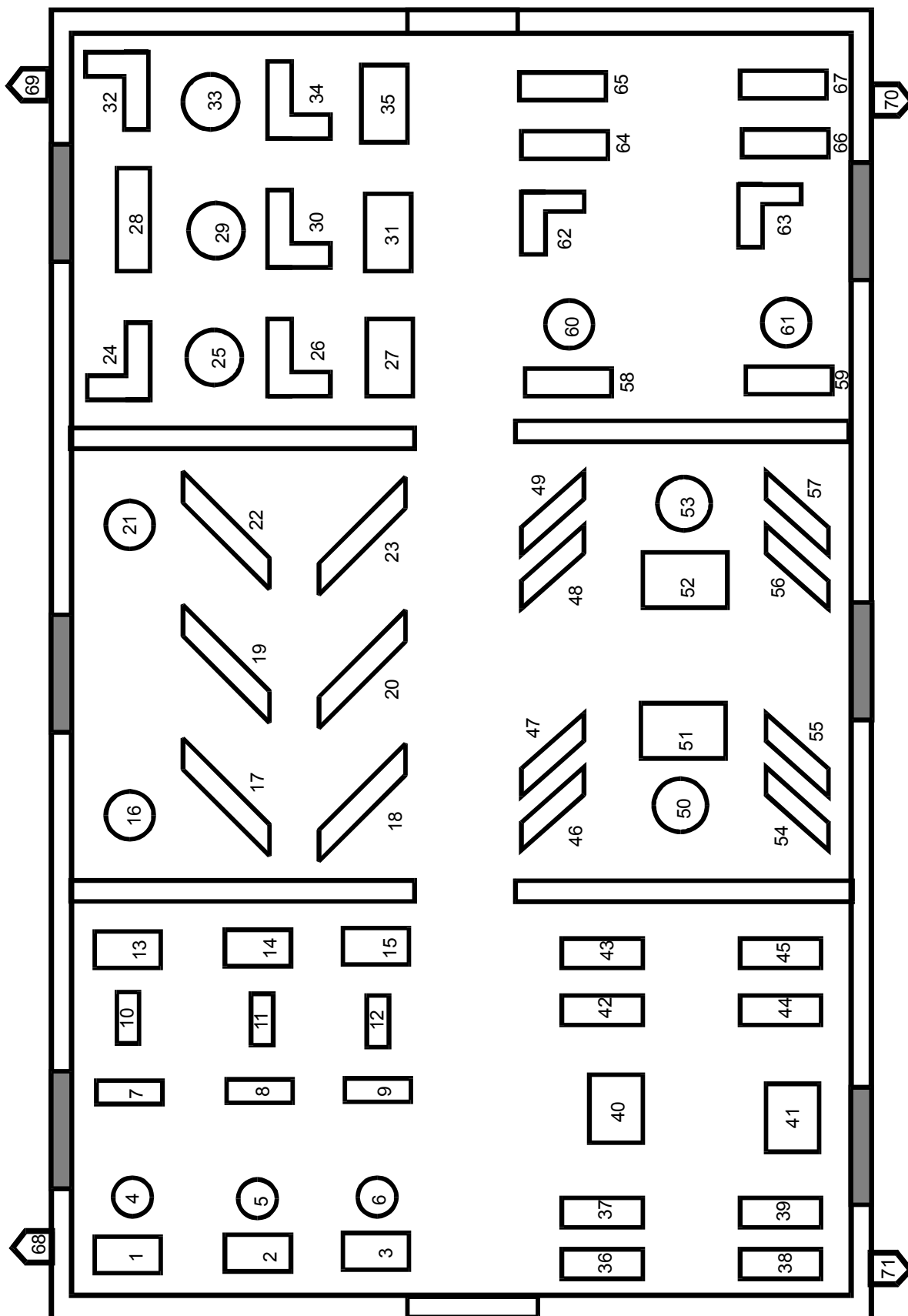
**План ремонтно - механического цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-3, 13-15	Токарно-винторезный станок	4,6	4,0	4,0	3,8	3,2	4,0	4,5	4,2	4,4	4,4
4-6	Трубогибочный станок	7	7,5	7,2	8,3	6,4	6,6	6,0	7,0	7,5	7,0
7-9	Пресс-ножницы	4,5	4,0	4,2	3,5	3,8	4,2	3,7	4,5	4,4	4,3
10-12	Пресс листогибочный	15	12,0	12,5	11	14	16	16,4	14	13	13
16,17, 41,42	Кран-балка, ПВ=40 %	10	8,5	7,5	11	12	13	14	14	14	14
18-26	Токарно-винторезный станок	3,2	3,2	3,2	3,0	2,8	2,8	3,3	3,3	3,4	3,5
27-32	Токарно-винторезный станок	12	10,2	11	11,5	11	10,8	10,6	8,5	9,2	9,4
33-36	Универсальный круглошлифовальный станок	5,2	4,5	4,6	4,7	4,8	4,9	5,0	5,1	5,2	5,2
37-40	Внутришлифовальный станок	7,6	7,4	6,8	6,6	6,7	6,6	6,6	6,0	6,0	5,5
43,44	Молот пневматический	7	6,8	6,6	6,4	6,4	7	7	7,5	8,2	8,4
45-47	Электропечь сопротивления	30	25	28	32	34	24	28	29	24	30
48-49	Молот пневматический	10	7,5	8	10,5	11	12	13	15	11	12
50-54	Печь муфельная	2,6	1,8	1,6	2,0	2,2	2,4	2,4	2,2	2,8	1,8
55,56	Сварочный агрегат, ПВ=50 %	28	15,5	14	17	18	19	22	24	32	30
57-61	Транс. сварочный, ПВ=40 %	14	12	14	16	10	12	16	16	14	12
62-63	Преобразователь сварочный	12	14,5	12,5	12	14	14,5	14,5	14	15	1,
64-66	Машина электросвар. точечная	25	22,5	22,5	20	24	20	24	22,5	27,5	28
67-70	Вентилятор	12	11	7,5	7,5	11	15	11	11	15	15,5



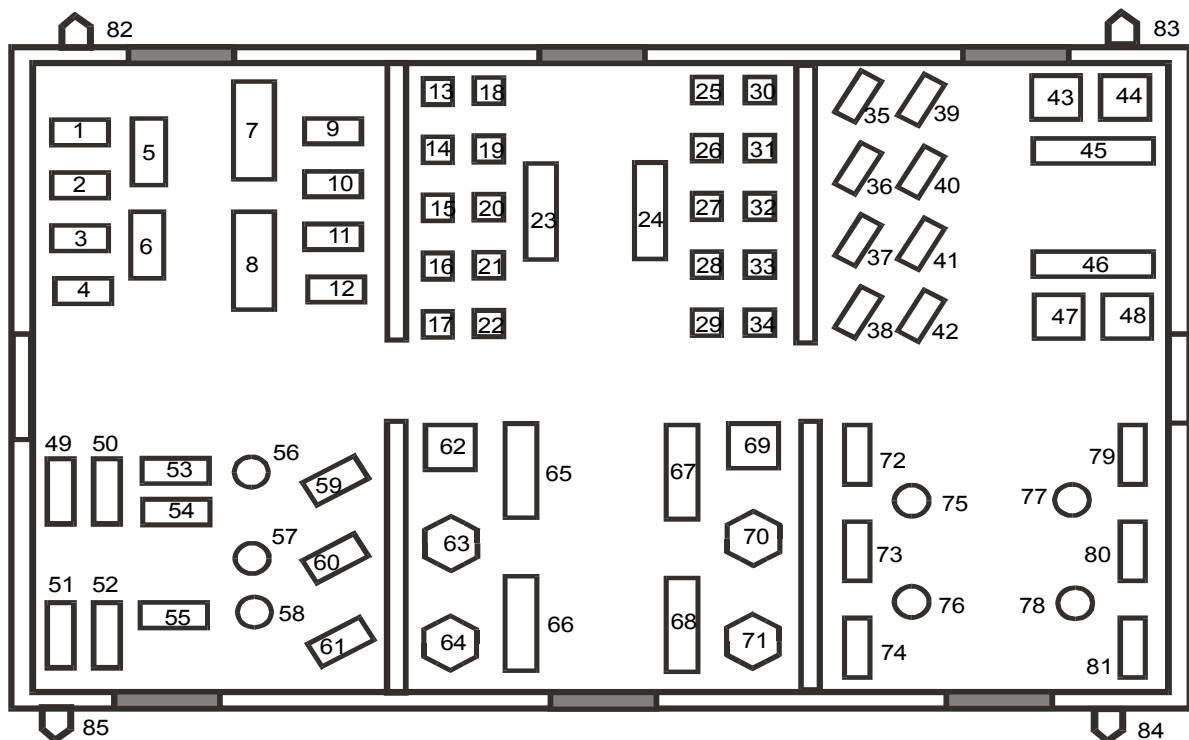
**План ремонтно - механического цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-3, 7-9, 13-15	Токарно-винторезный станок	3,5	3,0	2,8	2,7	3,2	3,5	3,6	3,4	3,0	2,8
4-6	Настольно-сверлильный станок	2	1,8	1,6	1,6	1,4	2,2	2,2	1,6	1,4	2,2
10-12	Универсально-фрезерный станок	3,5	3,0	4,2	3,5	3,1	4,1	2,8	3,0	3,2	3,6
16,21	Намоточный станок	2,8	2,0	2,4	2,1	2,1	2,2	2,6	2,6	3,2	3,1
17-20, 22,23	Точильный станок	2,5	1,8	1,8	2,0	2,0	1,6	2,1	2,1	1,6	1,7
24,26, 30,32, 34	Трубогибочный станок	4	3,5	3,5	3,8	4,2	4,4	4,1	4,1	4,5	2,8
28	Ножницы	7	7,5	7,5	6,6	6,6	6,1	7,1	5,9	6,5	6,4
25,29, 33	Пресс кривошипный	10	8,5	8,8	8,9	8,9	9,1	9,1	8,0	7,5	11
27,31, 35	Вертикально-сверлильный станок	4,5	5	3,8	4,2	5,3	6	2,5	3	3,2	4,6
36-39, 42-45	Машина электросварочная, ПВ=50 %	15	14	16	12	14	16	17	10	15	14
40,41	Преобразователь сварочный	20	24	25	22	18	16	22	24	26	20
46-49, 54-57	Электропечь сопротивления	20	16	18	19	19	21	21	24	25	26
50,53	Шкаф сушильный	2	1,8	1,7	1,6	2,2	2,1	1,8	1,9	2,0	2,0
51,52	Молот ковачный	10	7,5	7,8	8,8	8,8	9,9	9,2	9,4	9,5	8,4
58,59	Станок трубогибочный	7	7,5	6,6	6,5	6,4	7,8	7,2	7,3	7,4	8,0
60,61	Трубоотрезной станок	2,8	2,0	2,1	2,5	1,8	1,9	2,4	2,6	2,3	2,3
62,63	Плоскошлифовальный станок	12	10	10	14	14,5	10,5	10,9	11	12,5	12
64-67	Пресс листогибочный	15	15	16	14	12	12	12	10,5	14	15
68-71	Вентилятор	10	11	7,5	7,5	11	7,5	5,5	5,5	7,5	11



**План ремонтно - механического цеха**  
Сведения об электрических нагрузках

Номер на плане	Наименование электроприемника	Установленная мощность ЭП, кВт									
		Номер варианта									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
1-4, 9-12	Токарно-винторезный станок	4,6	4,2	4,4	3,8	4,0	4,0	4,5	4,8	4,2	4,4
5-8	Настольно-сверлильный станок	0,6	1,0	0,8	1,2	1,4	0,9	1,1	1,1	1,3	1,2
13-22, 25-34	Токарно-винторезный станок	3,2	2,8	2,5	2,8	2,9	3	3	3,2	3,1	2,4
23,24	Универсально-фрезерный станок	6,5	6	5,5	6	5,5	5,4	5,0	6,4	6,5	6,6
35-42	Строгальный станок	9,2	10,5	8	11,5	12	7,5	8,4	8,6	9	8
43,44, 47,48	Поперечно-строгальный станок	4,5	4,1	4,1	3,8	5,5	4,1	4,9	4,5	4,6	4,4
45,46	Долбежный станок	3,8	3,2	3,2	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,1	2,9
49-52	Транс. сварочный, ПВ=40 %	5	5,1	5,1	5,2	4,8	4,7	5,0	5,0	4,9	5,3
53-55	Намоточный станок	2,8	2,8	2,7	3,2	3,1	2,4	2,6	3,0	3,0	3,5
56-58	Вертикально-сверл. станок	1,7	1,8	1,8	2,1	2,2	2,4	1,9	2,0	2,0	1,9
59-61	Сушильный электрический шкаф	6	5,9	5,8	6,2	6,3	6,3	5,8	6,0	6,0	6,2
62,69	Станок отрезной с диск. пилой	3,2	3,5	3,5	3,6	3,0	2,8	2,8	2,9	2,9	3,1
63,64, 70,71	Пресс гидравлический	4,5	4,5	4,0	4,5	4,2	5,1	5,1	5,0	4,6	4,4
65-68	Пресс фрикционный	10	10	10,5	12	8,5	9,0	9,6	9,4	8,5	12
72-74, 79-81	Транс. сварочный, ПВ=40 %	50	45	50	44	42	39	50	45	45	50
75-78	Преобразователь сварочный	14	12	12	14	15	16	10	16	12	14
82-85	Вентиляторы	15	17,5	15	15	17,5	22	11	15,5	17,5	15



## Г Л А В А 2

### Методические указания к выполнению Выпускной работы

#### 2.1 Определение расчетной электрической нагрузки цеха

Расчетная силовая нагрузка цеха, электроснабжение которого разрабатывается подробно в работе, определяется по методу упорядоченных диаграмм. Для этого электроприемники цеха разбиваются на две характерные группы:

а) электроприемники с переменным графиком нагрузки, у которых  $K_u < 0.6$ ;

б) электроприемники с практически постоянным графиком нагрузки, у которых  $K_u \geq 0.6$

При расчетах электрических нагрузок удобно пользоваться специальной таблицей. Пример расчета приведен в таблице 2.1

Средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_{см} = K_u P_{ном} \quad [\text{кВт}] \quad (2.1)$$

Средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой группы электроприемников определяется по формуле:

$$Q_{см} = P_{см} \operatorname{tg} \varphi \quad [\text{кВар}] \quad (2.2)$$

$K_u$  и  $\cos \varphi$  для каждого ЭП или группы ЭП принимаются по справочным данным [3]. Средневзвешенный коэффициент использования определяется по формуле:

$$K_{u,ср} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}} \quad (2.3)$$

где  $\sum P_{см}$  - суммарная средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену группы электроприемников цеха, кВт;

$\sum P_{ном}$  - суммарная установленная мощность группы электроприемников цеха, кВт.

Коэффициент максимума активной мощности определяется по кривым или по таблице [3] в зависимости от средневзвешенного коэффициента использования  $K_{u,ср}$  и эффективного числа электроприемников  $n_э$  для данной группы:

$$n_э = \frac{\left[ \sum_1^n P_{ном} \right]^2}{\sum_1^n P_{ном}^2} \quad (2.4)$$

При большом числе ЭП рекомендуется пользоваться упрощенными способами вычисления  $n_э$ , допустимая погрешность которых лежит в пределах  $\pm 10\%$ .

Определение расчетных нагрузок ремонтно-механического цеха

(образец)

Таблица 2.1

№ п/п	Наименование узлов питания и групп электроприемников	Количество ЭП <i>n</i>	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100 %		$m = P_{н.макс} / P_{н.мин}$	Коэффициент использования $K_{и}$	$\cos\varphi / \text{tg}\varphi$	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприемников $N_{э}$	Коэффициент максимума $K_{м}$	Максимальная нагрузка			Расчетные токи $I_{м} / I_{п}$
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего) $p_{н}$ , кВт	общая $P_{н}$ , кВт				$P_{см} = K_{и} \cdot P_{м}$ , кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot \text{tg}\varphi_{см}$ , кВар			$P_{м} = K_{м} P_{см}$ , кВт	$Q_{м} = Q_{см}$ при $n_{э} > 10$ , $Q_{м} = 1,1 Q_{см}$ при $n_{э} \leq 10$ , кВар	$S_{м} = \sqrt{P_{м}^2 + Q_{м}^2}$ , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Приемники группы А															
1	Металлообрабатывающие станки	74	0,6-33,3	416,4	55,5	0,14	0,5/1,73	58,3	100,8						
2	Кран-балки, краны	4	4,8-24,2	38,8	5	0,06	0,6/1,33	2,3	3						
3	Электрические печи	2	22	44	1	0,55	0,95/0,33	24,2	8						
4	Сварочные аппараты	8	10-45	186	4,5	0,3	0,35/2,67	55,8	149						
	<b>Итого по группе А:</b>	<b>88</b>	<b>0,6-45</b>	<b>685,1</b>	<b>&gt;3</b>	<b>0,2</b>	<b>-</b>	<b>140,6</b>	<b>260,8</b>	<b>30</b>	<b>1.34</b>	<b>138.4</b>	<b>260.8</b>		
Приемники группы Б															
5	Вентиляторы	17	1,2-10	103,7	-	0,65	0,8/0,75	67,4	50,6						
6	Нагрев. аппараты	13	0,8-45	194,3	-	0,8	0,95/0,33	155,4	51,3						
7	Преобразовательные агрегаты	3	15	45	-	0,7	0,95/0,33	31,5	10,4						
	<b>Итого по группе Б</b>	<b>33</b>	<b>0,8-45</b>	<b>343</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>254,3</b>	<b>112,3</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>254,3</b>	<b>112,3</b>		
	Итого силовая нагрузка по цеху (гр. А и Б)	121	0,6-45	1028,1	-	-	-	394,9	373,1	-	-	442,7	373,1		
	Электрическое освещ.	-	-	25,7	-	$K_{с} = 0,85$	-	22	-	-	-	22	-		
	<b>Итого по цеху:</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1053,8</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>416,9</b>	<b>373,1</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>464,7</b>	<b>373,1</b>	<b>596</b>	

а) при  $m = \frac{P_{\text{ном.макс.}}}{P_{\text{ном.мин}}} > 3$  и  $K_{u.ср} \geq 0,2$   $n_э$  может быть определено по формуле:

$$n_э = \frac{2 \sum_1^n P_{\text{ном}}}{P_{\text{ном.макс}}}, \text{ где } P_{\text{ном.макс.}}, P_{\text{ном.мин}} - \text{номинальные активные}$$

мощности наибольшего и наименьшего электроприемников в группе;

б) при  $m > 3$  и  $K_{u.ср} < 0,2$  эффективное число ЭП определяется с помощью кривых или таблицы [3];

в) при  $m \leq 3$  и любом значении  $K_{u.ср}$  допускается принимать  $n_э = n$ , где  $n$  – исходное число ЭП. При определении величины  $n_э$  могут быть исключены из расчета те наименьшие ЭП группы, суммарная номинальная мощность которых не превышает 5% суммарной мощности всей группы (при этом число исключенных ЭП не учитывается также и в величине  $n$ ).

Расчетные активная ( $P_m$ ) и реактивная ( $Q_m$ ) мощности группы приемников с переменным графиком нагрузки определяются из выражений:

$$\begin{aligned} P_m &= K_m P_{см}; \\ Q_m &= Q_{см} \text{ при } n_э > 10 \\ Q_m &= 1,1 Q_{см} \text{ при } n_э \leq 10 \end{aligned} \quad (2.5)$$

*Примечание.* Величина  $K_m$  находится по кривым  $K_m = f(n_э)$  для различных средневзвешенных значений коэффициента использования  $K_{u.ср}$  или по таблице [3].

Для ЭП с практически постоянным графиком нагрузки расчетная активная нагрузка принимается равной средней мощности за наиболее загруженную смену  $P_m = P_{см}$ .

Расчетная нагрузка осветительных приемников цеха определяется по установленной мощности и коэффициенту спроса:

$$P_{p.o.} = P_{н.o.} K_{co} \quad (2.6)$$

$K_{co}$  принимается по справочным данным [5]. Величина  $P_{н.o.}$  находится как:

$$P_{н.o.} = P_{уд.o.} \cdot F, \quad (2.7)$$

где  $P_{уд.o.}$  – удельная плотность осветительной нагрузки, Вт/м<sup>2</sup> (принимается по справочным материалам [5]).

$F$  – площадь цеха, м<sup>2</sup> (определяется по генплану).

Полная расчетная нагрузка цеха (с учетом освещения) определяется:

$$S_p = \sqrt{(P_p + P_{p.o.})^2 + Q_p^2} \quad (2.8)$$

$$\text{Расчетный ток: } I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_n} \quad (2.9)$$

Пиковый ток  $I_n = i_{n.m} + (I_p - K_u i_{ном.м})$ , где  $i_{n.m}$ ,  $i_{ном.м}$ ,  $K_u$  - соответственно наибольший из пусковых токов двигателей в группе; его номинальный ток и коэффициент использования.

## 2.2. Определение расчетной нагрузки предприятия в целом

Расчетная полная мощность предприятия определяется по расчетным активным и реактивным нагрузкам цехов (до и выше 1000 В) с учетом расчетной нагрузки освещения цехов и территории предприятия, потерь мощности в трансформаторах цеховых подстанций и ГПП и потерь в высоковольтных линиях.

Расчетная нагрузка (активная и реактивная) силовых приемников цехов (кроме рассмотренного) определяются из соотношений:

$$\begin{aligned} P_p &= K_c P_n; \\ Q_p &= P_p \operatorname{tg} \varphi, \end{aligned} \quad (2.10)$$

где  $P_n$  - суммарная установленная мощность всех приемников цеха;  
 $K_c$  - коэффициент спроса, принимаемый по справочным данным;  
 $\operatorname{tg} \varphi$  - принимается по соответствующему значению коэффициента мощности.

Приемники напряжением выше 1000 В учитываются отдельно. Расчетная активная и реактивная мощности групп приемников выше 1000 В определяются по выше приведенным формулам.

Примеры определения расчетных силовых и осветительных нагрузок по цехам предприятия показаны в таблицах 2.2 и 2.3.

Так как трансформаторы цеховых подстанций и высоковольтная сеть еще не выбраны, то приближенно потери мощности в них можно определить из выражений:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\tau} &= 0,02 S_p^H; \\ \Delta Q_{\tau} &= 0,1 S_p^H; \\ \Delta P_{л} &= 0,03 S_p^H; \end{aligned} \quad (2.11)$$

где  $S_p^H$  - расчетная мощность предприятия на шинах напряжением до 1000 В за максимально загруженную смену. Суммарные расчетные активная и реактивная мощности, отнесенные к шинам 6-10 кВ ГПП, определяются из выражений:

$$\begin{aligned} P_{p\Sigma} &= (\sum P_p^H + \sum P_p^6) K_{p.m} + P_{p.o} + \Delta P_{\tau} + \Delta P_{л}; \\ Q_{p\Sigma} &= (\sum Q_p^H + \sum Q_p^6) K_{p.m} + \Delta Q_{\tau} \end{aligned} \quad (2.12)$$

где  $K_{p.m}$  - коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп электроприемников, принимаемый в пределах 0,9-0,95.

Потери мощности в трансформаторах ГПП определяются:



**Определение расчетных нагрузок 0,38 и 6-10 кВ по цехам завода  
по установленной мощности и коэффициенту спроса**

(образец)

Таблица 2.2

№ по ген. плану	Наименование потребителей	Силовая нагрузка				
		$P_n$ , кВт	$K_c$	$\cos\varphi/\text{tg}\varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ , кВар
1	2	3	4	5	6	7
<b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b>						
1	Литейная черных металлов	1200	0,75	0,8/0,75	900	675
2	Литейная цветных металлов	600	0,75	0,8/0,75	450	337,5
3	Цех обработки блоков двигателей	580	0,3	0,65/1,17	174	203,6
4	Цех обработки поршней, шатунов и др.деталей	500	0,3	0,6/1,33	150	199,5
5	Цех сборки и испытания двигателей	1100	0,6	0,8/0,75	660	495
6	Штамповочный цех №1	900	0,5	0,6/1,33	450	598,5
7	Штамповочный цех №2	450	0,4	0,8/0,75	180	135
8	Цех производства мелких двигателей	390	0,3	0,7/1,02	117	119
9	Сборочный цех №1	630	0,4	0,6/1,33	252	335
10	Сборочный цех №2	810	0,5	0,7/1,02	405	413
11	Ремонтно-механический цех	1054	0,4	0,7/1,02	422	430
<b>Итого по 0,38 кВ:</b>		<b>8214</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>4160</b>	<b>3941,1</b>
<b>Потребители электроэнергии 6-10 кВ</b>						
1	Литейная черных металлов	1300	0,9	0,8/0,75	1170	877,5
2	Литейная цветных металлов	1000	0,9	0,8/0,75	900	675
5	Цех сборки и испытания двигателей	1200	0,7	0,8/0,75	840	630
<b>Итого по 6-10 кВ:</b>		<b>3500</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>2910</b>	<b>2182,5</b>

### Определение расчетных осветительных нагрузок по цехам завода

(образец)

Таблица 2.3

№ по ген. плану	Наименование потребителя	Осветительная нагрузка					Силовая и осветительная нагрузки		
		$F, \text{ м}^2$	$P_{\text{уд.о.}}, \text{ Вт/м}^2$	$P_{\text{н.о.}}, \text{ кВт}$	$K_{\text{с.о.}}$	$P_{\text{ро.}}, \text{ кВт}$	$P_{\text{р}} + P_{\text{ро.}}, \text{ кВт}$	$Q_{\text{р}}, \text{ кВар}$	$S_{\text{р}}, \text{ кВА}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Потребители электроэнергии 0,38 кВ</b>									
1	Литейная черных металлов	7813	14	109,4	0,95	104	1004	675	1210
2	Литейная цветных металлов	7813	14	109,4	0,95	104	554	337,5	649
3	Цех обработки блоков двигателей	6250	17	106	0,95	101	275	203,6	342
4	Цех обработки поршней, шатунов и др. деталей	6250	17	106	0,95	101	251	199,5	321
5	Цех сборки и испытания двигателей	6250	16	100	0,95	95	755	495	903
6	Штамповочный цех №1	6250	16	100	0,95	95	545	598,5	809
7	Штамповочный цех №2	4815	16	77	0,95	73	253	135	287
8	Цех производства мелких двигателей	4700	17	80	0,85	68	185	119	220
9	Сборочный цех №1	4815	16	77	0,95	73	325	335	467
10	Сборочный цех №2	17620	16	282	0,95	268	673	413	790
11	Ремонтно-механический цех	1815	15	27	1,0	27	449	430	622
	Территория завода	120000	0,22	26,4	1,0	26,4	26,4	-	-
	<b>Итого по 0,38 кВ</b>	<b><math>F_{\text{ц}}=74391</math></b>	-	<b>1200,2</b>	-	<b>1135,4</b>	-	-	-
<b>Потребители электроэнергии 6-10 кВ</b>									
1	Литейная черных металлов	-	-	-	-	-	1170	877,5	1462
2	Литейная цветных металлов	-	-	-	-	-	900	675	1125
5	Цех сборки и испытания двигателей	-	-	-	-	-	840	630	1050
	<b>Итого по 6-10 кВ</b>						<b>2910</b>	<b>2182,5</b>	<b>3637,5</b>

$$\Delta P_{\tau.ГПП} = 0,02 S_{p\Sigma}; \quad (2.13)$$

$$\Delta Q_{\tau.ГПП} = 0,1 S_{p\Sigma}$$

где  $S_{p\Sigma} = \sqrt{(P_{p\Sigma})^2 + (Q_{p\Sigma})^2}$

Полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП определяется:

$$S_{pГПП} = \sqrt{(P_{p\Sigma} + \Delta P_{\tau.ГПП})^2 + (Q_{p\Sigma} + \Delta Q_{\tau.ГПП} - Q_{ку})^2} \quad (2.14)$$

где  $Q_{ку}$  - мощность компенсирующих устройств;

$$Q_{ку} = Q_{p\Sigma} - Q_c \quad (2.15)$$

где  $Q_c$  - наибольшее значение реактивной мощности, передаваемой из сети энергосистемы в сеть предприятия в режиме наибольших активных нагрузок энергосистемы:

$$Q_c = \alpha \cdot P_{p\Sigma} \quad (2.16)$$

Для предприятий, расположенных в Сибири:

$\alpha = 0,24$ , если величина напряжения питающей линии 35 кВ;

$\alpha = 0,29$ , если величина напряжения питающей линии 110 кВ;

$\alpha = 0,40$ , если величина напряжения питающей линии 220 кВ и выше.

### 2.3 Картограмма и определение центра электрических нагрузок

Картограмма нагрузок представляет собой размещенные на генплане предприятия площади, ограниченные кругами, которые в определенном масштабе соответствуют расчетным нагрузкам цехов.

Радиусы окружностей для каждого цеха определяются из выражения:

$$r_i = \sqrt{\frac{S_{pi}}{\pi \cdot m}} \quad (2.17)$$

где  $S_{pi}$  - расчетная полная мощность  $i$ -го цеха с учетом освещения, кВА;

$m$  - масштаб для определения площади круга, кВА/мм<sup>2</sup> (постоянный для всех цехов предприятия).

Силовые нагрузки до и выше 1000 В изображаются отдельными кругами или секторами в круге. Считаем, что нагрузка по цеху распределена равномерно, поэтому центр нагрузок совпадает с центром тяжести фигуры, изображающей цех в плане.

Осветительная нагрузка наносится в виде сектора круга, изображающего нагрузку до 1000 В. Угол сектора ( $\alpha$ ) определяется из соотношения полных расчетных ( $S_{pi}$ ) и осветительных нагрузок ( $P_{p.o}$ ) цехов:

$$\alpha = \frac{360^\circ \cdot P_{p.o}}{S_{pi}} \quad (2.18)$$

## Расчетные данные для построения картограммы нагрузок

(образец)

Таблица 2.4

№ цеха по ген. плану	$S_{p.i}$ , кВА	$P_{ро}$ , кВт	$r$ , мм	$\alpha$ , град	$x_i$ , м	$y_i$ , м	$S_{p.i} \cdot x_i$ , кВА·м	$S_{p.i} \cdot y_i$ , кВА·м
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Потребители 0,4 кВ</b>								
1	1210	104	19,6	31	113	520	137000	630000
2	649	104	14,4	58	360	520	234000	337500
3	342	101	10,4	106	113	400	39000	137000
4	321	101	10,1	113	360	400	116000	128000
5	903	95	16,9	38	113	290	102000	262000
6	809	95	16	42	360	290	291000	235000
7	287	73	9,6	92	275	160	79000	46000
8	220	68	8,3	111	570	290	125000	64000
9	467	73	12	56	275	60	128500	28000
10	790	268	15,9	122	570	460	450000	363500
11	622	27	14	16	590	160	367000	100000
<b>Потребители 6 кВ</b>								
1	1462	-	21,6	-	160	520	234000	760000
2	1125	-	19	-	410	520	461000	585000
5	1050	-	18,2	-	160	290	168000	304500
<b>Итого:</b>	<b>10257</b>	-	-	-	-	-	<b>2931500</b>	<b>3980500</b>

$$x_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot x_i}{\sum S_{p.i}} = \frac{2931500}{10257} = 286 \text{ м};$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot y_i}{\sum S_{p.i}} = \frac{3980500}{10257} = 388 \text{ м}$$

Для построения картограммы нагрузок используется таблица 2.4.

На генплан завода произвольно наносятся оси координат и определяются значения  $x_i$  и  $y_i$  для каждого цеха. Координаты центра электрических нагрузок завода  $x_0$  и  $y_0$  определяются по формулам:

$$x_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot x_i}{\sum S_{p.i}},$$

$$y_0 = \frac{\sum S_{p.i} \cdot y_i}{\sum S_{p.i}}$$
(2.19)

Генплан предприятия с картограммой нагрузок показан на рис.2.1.

#### **2.4 Выбор числа и мощности трансформаторов цеховых подстанций**

При установке на крупных промышленных предприятиях группы цеховых трансформаторов их номинальная мощность определяется плотностью нагрузки и выбирается, как правило, одинаковой для всей группы. Удельная плотность нагрузки определяется по следующей формуле:

$$\sigma = \frac{S_p^H}{F_{цехов}},$$
(2.20)

где  $F_{цехов}$  - площадь всех цехов предприятия, м<sup>2</sup>.

Рекомендуемые номинальные мощности трансформаторов для различных плотностей нагрузок приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5

Удельная плотность нагрузки $\sigma$ , кВА/м <sup>2</sup>	Рекомендуемая номинальная мощность трансформатора, кВА
0,05-0,1	630
0,15	1000
> 0.2	1600
> 0.3-0.35	2500

Минимально возможное число трансформаторов определяется по формуле:

$$N_0 = \frac{\sum P_p^H}{\beta_T \cdot S_{н.тр}}$$
(2.21)

где  $\beta_T$  - коэффициент загрузки трансформаторов в нормальном режиме (принимается 0,7).

$S_{н.тр}$  - номинальная мощность одного трансформатора, кВА;

$\sum P_p^H$  - номинальная расчетная активная мощность в сетях до 1000 В, кВт.

Полученная расчетная величина округляется до ближайшего большего целого значения  $N$ .

После выбора числа и мощности цеховых трансформаторов распределяют активные нагрузки цехов между ними равномерно. Активная нагрузка, приходящаяся на один цеховой трансформатор может быть определена

$$P_1 = \frac{\sum(P_p + P_{p.o})}{N} = \frac{\sum P_p''}{N} \quad (2.22)$$

Число трансформаторов  $N_i$ , которое следует установить в том или ином цехе, определяется делением нагрузки цеха  $P_p + P_{p.o}$  на  $P_1$ :

$$N_i = \frac{P_{p.o} + P_p}{P_1} \quad (2.23)$$

Если получается число дробное, то объединяют нагрузки близлежащих цехов. Подстанции обычно устанавливаются одно- или двухтрансформаторные в зависимости от необходимой надежности электроснабжения.

После этого на плане предприятия обозначают места расположения цеховых ТП и намечают схему их питания от ГПП (см. рис.2.1 и 2.2).

Трансформаторы цеховых ТП могут быть запитаны по радиальной схеме или 2-3 трансформатора разных близко расположенных подстанций в одну цепочку.

Трансформаторы двухтрансформаторной подстанции должны быть запитаны от разных секций РУ 6-10 кВ ГПП или ЦРП.

Для питания потребителей электроэнергии напряжением выше 1000 В в цехе устанавливается РУ 6-10 кВ (рис.2.1).

### **2.5 Схема внешнего электроснабжения**

Электроснабжение завода осуществляется от подстанции энергосистемы. При наличии одного источника питания в целях резервирования принимается схема внешнего электроснабжения по двум радиальным линиям (ГПП с двумя трансформаторами связи). Питающие линии выполняются воздушными. В нормальном рабочем режиме пропускная способность каждой из питающих линий составляет не менее половины расчетной нагрузки завода. В аварийном режиме работы любая из питающих линий с учетом допустимой перегрузки (до 30 %) должна обеспечить электроэнергией потребители первой и второй категорий.

ГПП размещается на территории завода в соответствии с расчетным центром электрических нагрузок с некоторым смещением в сторону источника питания.

Выбор напряжения питающих и распределительных сетей зависит от мощности, потребляемой предприятием, его удаленности от источника питания, напряжения источника питания, количества и единичной мощности ЭП(электродвигателей, электрических печей, преобразователей и т.д.).

Обычно величина напряжения выбирается на основе технико-экономического сравнения вариантов. Выполнение технико-экономических

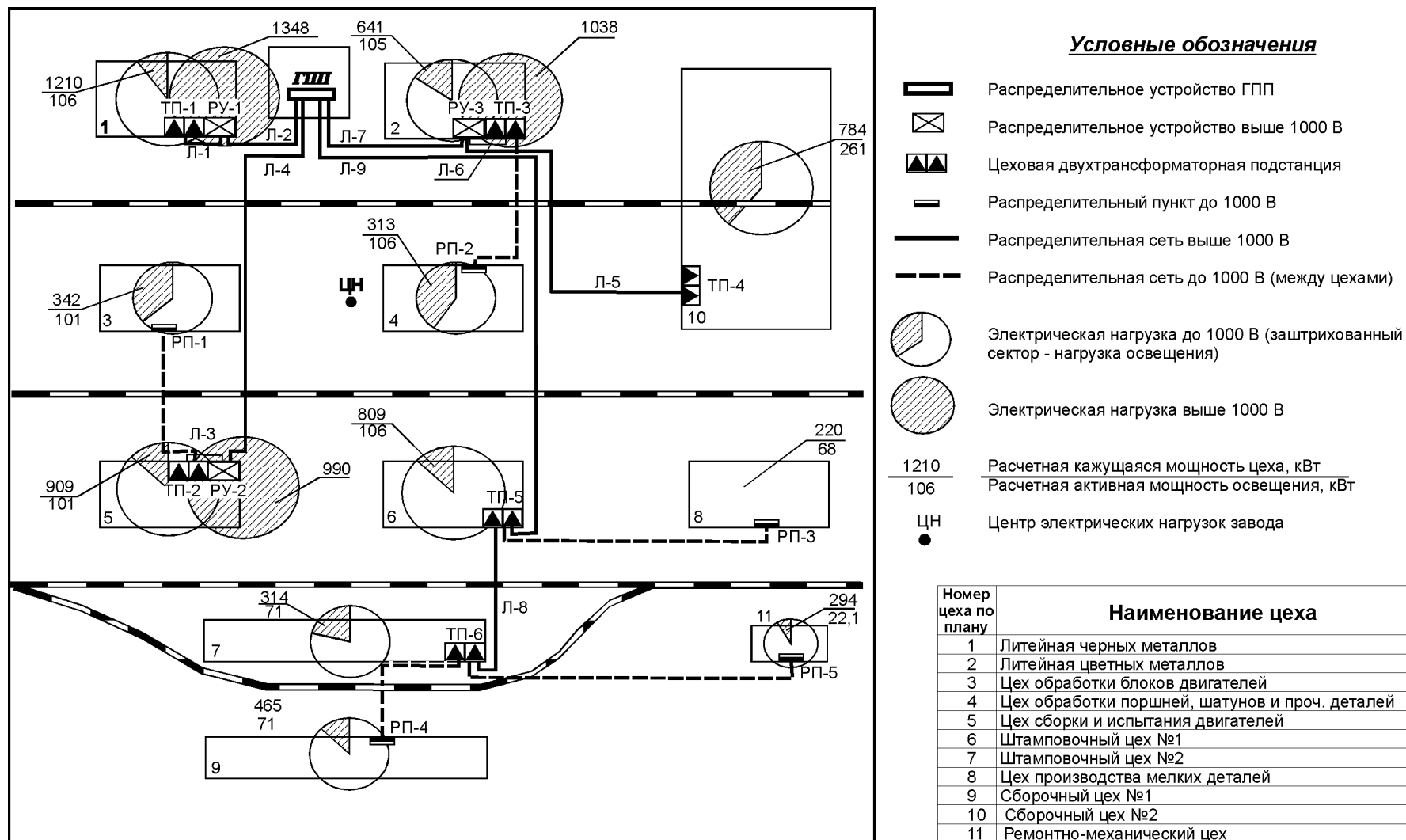


Рис.2.1 Генплан предприятия с картограммой нагрузок

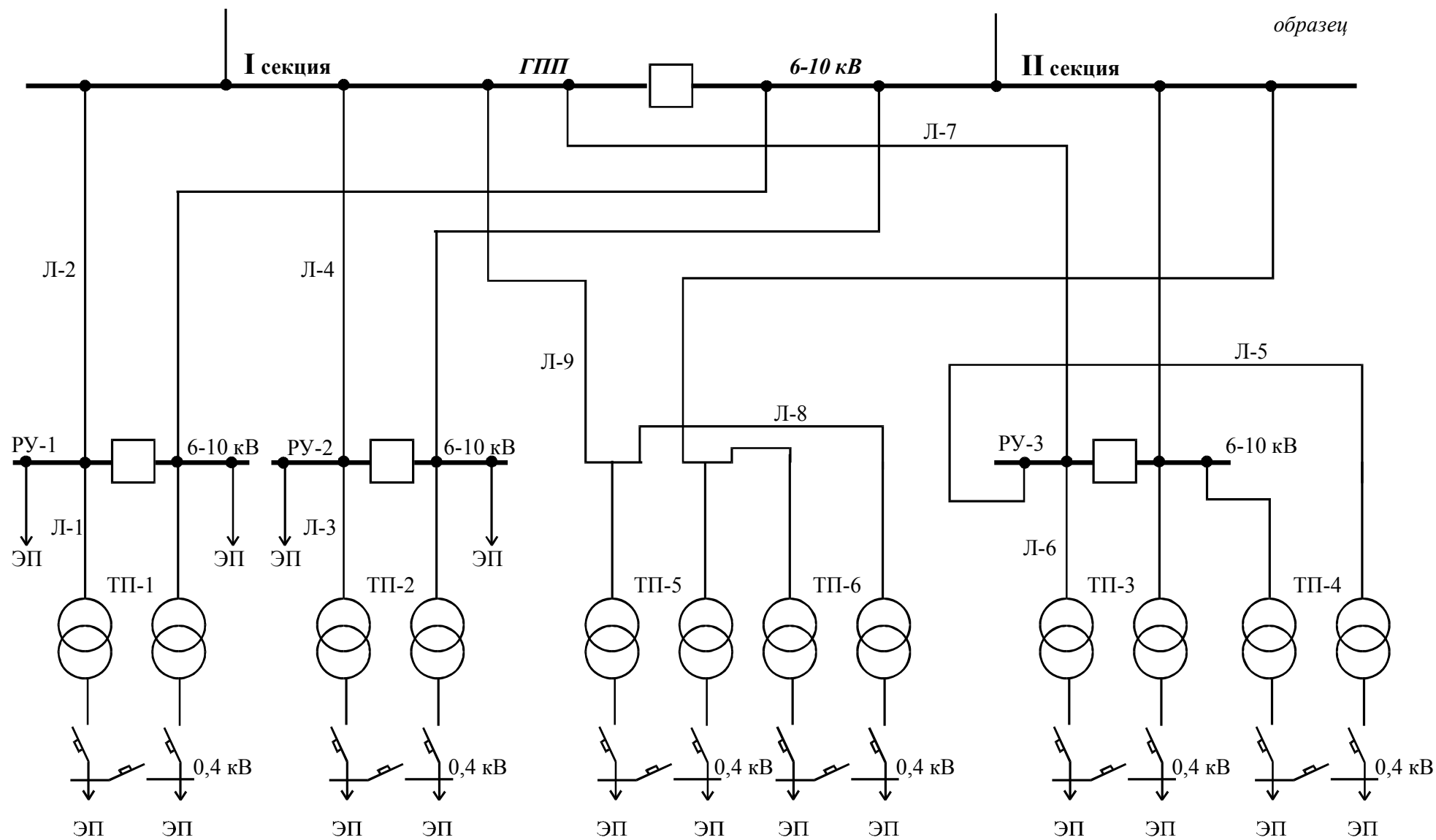


Рис.2.2 Схема питания цеховых подстанций и высоковольтных электроприемников. Кабели  $U=6-10$  кВ прокладываются в траншеях.



расчетов в каждом отдельном случае повышает трудоемкость проектирования электроснабжения. Для удобства проектирования можно использовать следующие основные рекомендации по выбору напряжения.

Напряжение 35 кВ имеет экономические преимущества при передаваемой мощности не более 10 МВА.

Напряжение 110 кВ целесообразно применять при потребляемой промышленным предприятием мощности 10-150 МВА.

При мощностях, превышающих 120-150 МВА, для электроснабжения промышленных предприятий возможно применение напряжения 220 кВ.

Мощность трансформаторов на ГПП определяется по формуле:

$$S_{н.тр} = \frac{S_{р.ГПП}}{2 \cdot \beta_T} \quad (2.24)$$

где  $S_{р.ГПП}$  - полная расчетная мощность предприятия со стороны высшего напряжения трансформаторов ГПП;

$\beta_T$  - коэффициент загрузки трансформаторов ГПП (принимается 0,7).

2 – число трансформаторов на ГПП.

Полученное значение  $S_{н.тр}$  округляется до ближайшего большего стандартного значения.

С учетом того, что в нормальном режиме коэффициент загрузки трансформаторов ГПП принимается равным 0,7, в аварийном режиме любой из трансформаторов с учетом допустимой перегрузки (до 40 %) обеспечит полностью необходимую мощность завода, так как

$$S_{р.ГПП} < 1.4 S_{н.тр} \quad (2.25)$$

Питающие линии выполняются проводом АС. Выбор сечения провода производится по нагреву расчетным током:

$$I_p = \frac{S_{р.ГПП}}{2\sqrt{3}U_n} \quad (2.26)$$

$$\text{В аварийном режиме:} \quad I_{р.макс} = \frac{S_{р.ГПП}}{\sqrt{3}U_n} \quad (2.27)$$

Правильно выбранное сечение должно удовлетворять условиям:

$$1,3 \cdot I_{дон} \geq I_{р.макс} \quad (2.28)$$

где  $I_{дон}$  - допустимый ток, А, для выбранного сечения.

Кроме этого, выбранное сечение провода проверяется:

а) по условиям коронирования проводов;

б) по условиям механической прочности;

в) по допустимой потере напряжения:

$$l_{дон} = l_{\Delta U 1\%} \cdot \Delta U_{дон\%} \cdot k_3 \geq l \quad (2.29)$$

где  $l_{\Delta U 1\%}$  - длина линии при полной нагрузке на 1 % потери напряжения, км;

$\Delta U_{дон\%}$  - допустимая потеря напряжения, %;

$$\Delta U_{\text{дон}\%} = 5\%, \quad \Delta U_{\text{дон.ав}\%} = 10\%;$$

$$k_z = \frac{I_{\text{дон}}}{I_p} - \text{коэффициент загрузки линии};$$

$l_{\text{дон}}$  - допустимая длина линии, км;

$l$  - фактическая длина линии, км.

### 2.6 Схема внутривзаводской сети 6-10 кВ

Распределительная сеть выше 1000 В по территории завода выполняется кабельными линиями, проложенными в траншеях.

Сечение кабельных линий выбирается по экономической плотности тока. Экономически целесообразное сечение  $F$ , мм<sup>2</sup>, определяется из выражения:

$$F_{\text{эк}} = \frac{I_p}{j_{\text{эк}}}, \quad (2.30)$$

где  $I_p$  - расчетный ток установки, А;

$j_{\text{эк}}$  - нормированное значение экономической плотности тока, А/мм<sup>2</sup>, принимается по справочным данным.

Полученное сечение округляется до ближайшего стандартного сечения (см. табл.2.6). Расчетный ток должен соответствовать условиям нормальной работы, при его определении не следует учитывать увеличение тока при аварийных ситуациях. Расчетным током линии для питания цеховых трансформаторов, преобразователей, высоковольтных электродвигателей и трансформаторов электропечей является их номинальный ток, независимо от фактической загрузки.

Полученное по  $j_{\text{эк}}$  сечение кабеля необходимо проверить на термическую стойкость при КЗ в начале линии. Термически стойкое сечение

$$\text{равно: } F_{\text{min}} = \frac{\sqrt{B_k}}{C_T} \quad (2.31)$$

где  $B_k = I_{\infty}^2 (t_{\text{отк}} + T_a)$  - тепловой импульс тока КЗ, А<sup>2</sup>с;

$T_a$  - постоянная затухания апериодической составляющей тока КЗ, с;

$t_{\text{отк}} = t_z + t_g$  - время отключения КЗ, с;

$t_z$  - время действия основной защиты, с;

$t_g$  - полное время отключения выключателя, с;

$C_T$  - коэффициент, зависящий от допустимой температуры при КЗ и материала проводника

- для кабелей до 10 кВ с медными жилами  $C_T = 141 \frac{A \cdot c^{1/2}}{\text{мм}^2}$ ;

- с алюминиевыми жилами  $C_T = 85 \frac{A \cdot c^{1/2}}{\text{мм}^2}$ .



### 2.7 Расчет токов короткого замыкания в сети выше 1000 В.

Все электрические аппараты и токоведущие части электрических установок должны быть выбраны таким образом, чтобы исключалось их разрушение при прохождении по ним наибольших возможных токов КЗ, в связи с чем возникает необходимость расчета этих величин.

Расчет токов КЗ ведем в относительных единицах. Для этого все расчетные данные приводят к базисному напряжению и базисной мощности.

Шкала  $U_{\delta}$ : 230, 115, 37, 10.5, 6.3, 3.15, 0.69, 0.525, 0.4, 0.23 кВ

За базисную мощность  $S_{\delta}$  принимаем любое число, кратное 10.

Для расчета токов КЗ составляется расчетная схема – упрощенная однолинейная схема электроустановки, в которой учитывают все источники питания (п/ст энергосистемы, генераторы ТЭЦ), трансформаторы, воздушные и кабельные линии, реакторы.

По расчетной схеме составляется схема замещения, в которой указываются сопротивления всех элементов и намечаются точки для расчета токов КЗ.

Базисные сопротивления в относительных единицах определяются по следующим формулам:

1. сопротивления воздушных и кабельных линий

$$r_{\delta^*} = r_0 l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2}; \quad (2.32)$$

$$x_{\delta^*} = x_0 l \frac{S_{\delta}}{U_{\delta}^2} \quad (2.33)$$

где  $r_0$  и  $x_0$  - активное и индуктивное сопротивление линии на 1 км длины, Ом/км;

$l$  – длина линии, км.

2. индуктивное сопротивление трансформатора

$$x_{\delta^*} = \frac{U_k}{100} \frac{S_{\delta}}{S_{н.тр}} \quad (2.34)$$

$U_k$  - напряжение КЗ трансформатора, %.

3. индуктивное сопротивление реактора

$$x_{\delta^*} = \frac{x_p}{100} \frac{I_{\delta} \cdot U_n}{I_n \cdot U_{\delta}} \quad (2.35)$$

$x_p$  - сопротивление реактора, %.

$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}$  - базисный ток.

Для генераторов, трансформаторов, высоковольтных линий обычно учитываются только индуктивные сопротивления. При значительной протяженности сети (кабельной и воздушной) учитываются также их

активные сопротивления. Считается, что целесообразно учитывать активное сопротивление, если

$$r_{\Sigma} > \frac{x_{\Sigma}}{3} \quad \text{где } r_{\Sigma} \text{ и } x_{\Sigma} - \text{ суммарные активные и реактивные}$$

сопротивления до места КЗ.

Исходные параметры элементов схемы  $U_k, x_p, r_0, x_0$  определяются по каталогам или справочникам [3,6].

Действующее значение установившегося тока КЗ:

$$I_k = I_{\infty} = \frac{I_{\delta}}{Z_{\delta^*\Sigma}} \quad \text{где } Z_{\delta^*\Sigma} - \text{ полное сопротивление от источника}$$

питания до точки КЗ, выраженное в относительных единицах и приведенное к базисной мощности:

$$Z_{\delta^*\Sigma} = \sqrt{r_{\delta^*\Sigma}^2 + x_{\delta^*\Sigma}^2}$$

Если активное сопротивление не учитывается, то  $Z_{\delta^*\Sigma} = x_{\delta^*\Sigma}$

$$\text{Ударный ток КЗ } i_y = I_k \cdot \sqrt{2} \cdot k_y$$

где  $k_y$  - ударный коэффициент, который определяется по кривой [3].

В цепи, когда не учитывается активное сопротивление,  $k_y = 1,8$ .

По величине  $I_k = I_{\infty}$  проверяют электрические аппараты и токоведущие части на термическую устойчивость.

По величине  $i_y$  проверяются аппараты на динамическую устойчивость.

## 2.8 Электроснабжение цеха

Электроснабжение цеха выполняется в следующей последовательности.

1. Приемники цеха распределяются по пунктам питания (силовым распределительным шкафам или шинопроводам), выбирается схема и способ прокладки питающей сети цеха (от ТП до пунктов питания). Принятая схема (радиальная, магистральная, смешанная) питающей сети должна обеспечивать требуемую степень надежности питания приемников и требуемую по технологическим условиям гибкость и универсальность сети в отношении присоединения новых приемников и перемещения приемников по площади цеха. Выбор способа прокладки питающей сети производится с учетом характера окружающей среды и возможных условий места прокладки. Исполнение силовых распределительных пунктов и шинопроводов должно также соответствовать характеру окружающей среды (см. рис.2.3).

2. Определяются расчетные электрические нагрузки по пунктам питания цеха (см. табл.2.7).

3. Производится выбор сечений питающей сети по длительно допустимой токовой нагрузке из условия нагрева и проверка их по потере

напряжения (см. табл.2.8).

4. Производится выбор силовой распределительной сети и аппаратов защиты и управления цеха (табл.2.9).

5. Для участка цеховой сети (от вводного автомата на подстанции до самого мощного или наиболее удаленного электроприемника) строится карта селективности действия аппаратов защиты (рис.2.4).

6. Производится расчет питающей и распределительной сети по условиям допустимой потере напряжения и построения эпюры отклонений напряжения для цепочки линий от шин ГПП до зажимов одного наиболее удаленного от цеховой ТП или наиболее мощного электроприемника для режимов максимальной и минимальной нагрузок, а в случае двухтрансформаторной подстанции и послеаварийного (рис.2.5).

7. Производится расчет токов короткого замыкания для участка цеховой сети от ТП до наиболее мощного электроприемника цеха. Полученные данные наносятся на карту селективности действия аппаратов защиты.

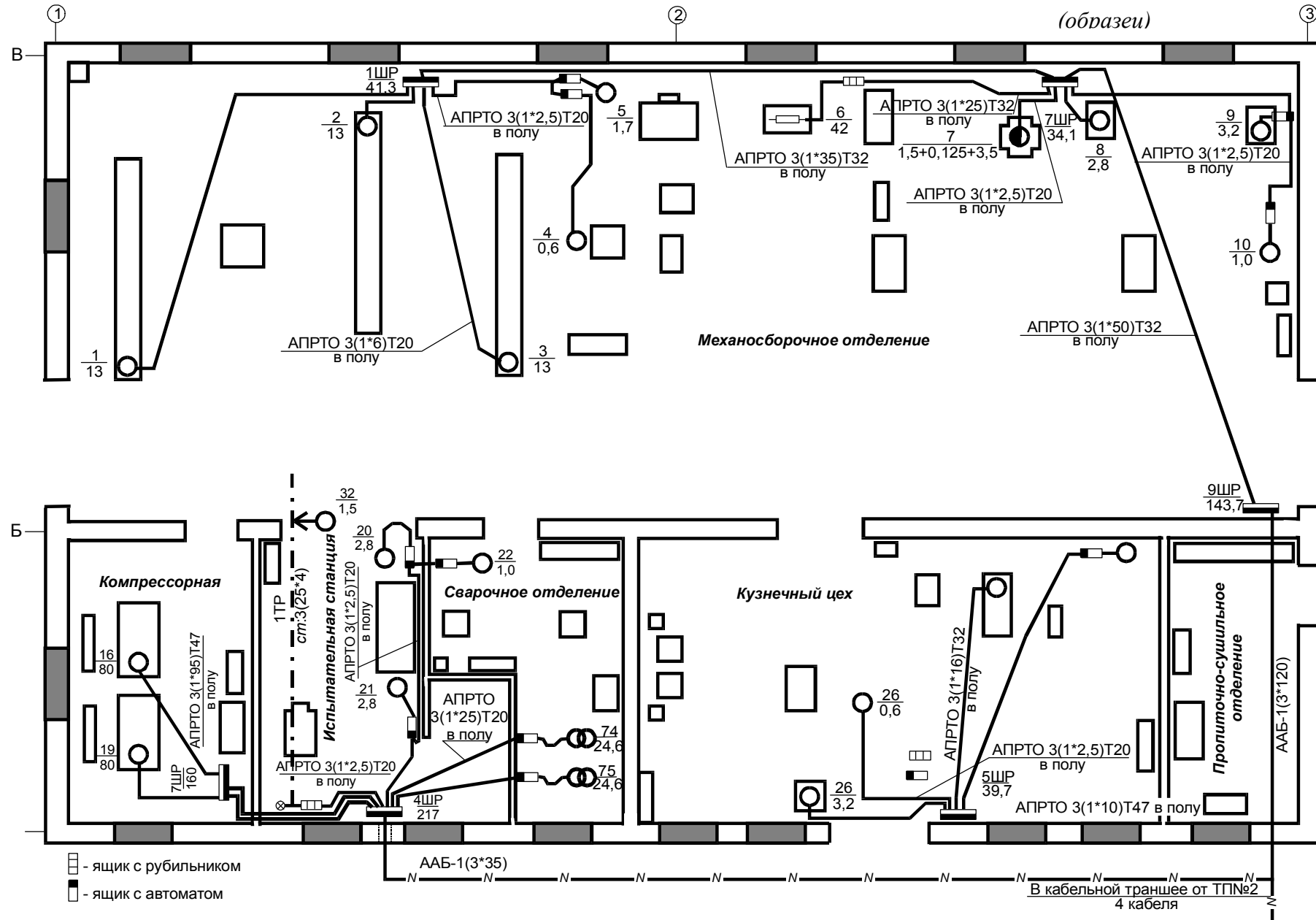


Рис.2.3 Схема силовой сети цеха

Определение расчетных нагрузок по пунктам питания цеха

(образец)

Таблица 2.7

№ п/п	Питающие магистрали и группы электроприемников	Количество ЭП <i>n</i>	Установленная мощность, приведенная к ПВ=100%, кВт		$m = \frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин}}$	Коэффициент использования $K_{и}$	cosφ / tgφ	Средняя нагрузка за максимально загруженную смену		Эффективное число электроприемников $n_{э}$	Коэффициент максимума $K_{м}$	Максимальная нагрузка		
			одного ЭП (наименьшего, наибольшего), $P_{н}$	общая $P_{н}$				$P_{см} = K_{и} \cdot P_{м}$ , кВт	$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi_{см}$ , кВар			$P_{м} = K_{м} \cdot P_{см}$ , кВт	$Q_{м} = Q_{см}$ при $n_{э} > 10$ , $Q_{м} = 1,1 Q_{см}$ при $n_{э} \leq 10$ , кВар	$S_{м} = \sqrt{P_{м}^2 + Q_{м}^2}$ , кВА
<b>Шкаф распределительный ШР-1</b>														
	<i>Группа А</i> –станки разные № 25,26,27,28,29,30	6	12-22	102	-	0,14	0,5/1,73	14,28	24,7	-	-	-	-	-
	Итого по группе А	6	12-22	102	<3	0,14	-	14,28	24,7	6	2,72	38,8	27,2	-
	<i>Группа Б</i> –вентилятор №39	1	10	10	-	0,65	0,8/0,75	6,5	4,9	-	1,0	6,5	4,9	-
	<b>Итого по ШР-1</b>	<b>7</b>	<b>10-22</b>	<b>112</b>	-	-	-	<b>20,8</b>	<b>29,6</b>	-	-	<b>45,3</b>	<b>32,1</b>	<b>55,5</b>
<b>Шкаф распределительный ШР-2</b>														
	<i>Группа А</i> –станки разные №31,32,33,34,35,36	6	20	120	-	0,14	0,5/1,73	16,8	29,1	-	-	-	-	-
	Кран-балка ПВ=100%. №40	1	19	19	-	0,15	0,5/1,73	2,9	4,9	-	-	-	-	-
	<b>Итого по ШР-2</b>	<b>7</b>	<b>19-20</b>	<b>139</b>	<3	<b>0,14</b>	-	<b>19,7</b>	<b>34</b>	<b>7</b>	<b>2,56</b>	<b>50,4</b>	<b>37,4</b>	<b>62,8</b>
<b>Шинопровод ШРА-1</b>														
	<i>Группа А</i> -станки разные №1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11	11	10-30	206	-	0,14	0,5/1,73	28,84	49,9	-	-	-	-	-
	пресс №12	1	46	46	-	0,2	0,6/1,33	9,2	12,2	-	-	-	-	-
	Итого по группе А	12	10-46	252	>3	0,15	-	38,04	62,1	9	2,2	83,7	62,1	-
	<i>Группа Б</i> - вентилятор №38	1	10	10	-	0,65	0,8/0,75	6,5	4,9	-	1,0	6,5	4,9	-
	<b>Итого по ШРА-1</b>	<b>13</b>	<b>10-46</b>	<b>262</b>	-	-	-	<b>44,54</b>	<b>67</b>	-	-	<b>90,2</b>	<b>67</b>	<b>112,4</b>
<b>Шинопровод ШРА-2</b>														
	<i>Группа А</i> –станки разные №14,15,16,17,18,19,20,21,22,23	10	10-23	148	-	0,14	0,5/1,73	20,72	35,85	-	-	-	-	-
	станок с ЧПУ №13	1	29	29	-	0,22	0,65/1,17	6,38	7,46	-	-	-	-	-
	пресс №14	1	60	60	-	0,2	0,6/1,33	12,0	16,0	-	-	-	-	-
	Итого сил. нагрузка по ШРА-2	12	10-60	237	>3	0,16	-	39,1	59,31	8	2,25	88,0	59,31	106,1
	Электрическое освещение	-	-	14	-	0,85	-	11,9	-	-	-	11,9	-	-
	<b>Итого по ШРА-2</b>	<b>12</b>	-	<b>251</b>	-	-	-	<b>51</b>	-	-	-	<b>99,9</b>	<b>59,31</b>	<b>116,3</b>



Выбор сечений линий питающей сети цеха

(образец)

Таблица 2.8

№ п/п	№ участка (линии) на плане цеха	Назначение участка (линии) питающей сети	Расчетная нагрузка $S_p$ , кВА	Расчетный ток $I_p$ , А	Длина линии $l$ , км	Способ прокладки	Коэффициент прокладки. $K$	Марка кабеля, тип шинпровода	Сечение, выбранное из условия допустимого нагрева $S_n$ , мм <sup>2</sup>	Допустимый длительный ток $I_{доп}$ , А	Сечение, выбранное по условиям допустимой потери напряжения $S_{\Delta U}$ , мм <sup>2</sup>	cosφ	Потери напряжения на 1 а·км, $\Delta U_0$ , %	Расчетные потери напряжения $\Delta U_p$ , %	Принятое сечение и марка участка питающей сети
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
1	Л-1	КТП-РП	130	200	0,2	в траншее	0,9	АСБ	(31×20+1×85)	243	2(3×120+1×85)	0,9	0,123	2,5	АСБ-2(3×120+1×85)
2	Л-2	РП-ШРА	87,5	133	0,012	на стене на скобах	-	АНРГ	(3×70+1×25)	155	(3×70+1×25)	0,9	0,2	0,32	АНРГ(3×70+1×25)
3	Л-3	ШРА-ШР1	13,7	20,8	0,004	на стене на скобах	-	АНРГ	(3×6+1×4)	35	-	-	-	-	АНРГ(3×6+1×4)
4	Л-4	ШРА-ШР2	65,3	99,4	0,012	на стене на скобах	-	АНРГ	(3×50+1×16)	120	-	-	-	-	АНРГ(3×50+1×16)
5	Л-5	ШР2-ШР3	40,2	62	0,005	на стене на скобах	-	АНРГ	(3×25+1×10)	80	-	-	-	-	АНРГ(3×25+1×10)
6	Л-6	ШР3-ШР4	20,3	31	0,007	на стене на скобах	-	АНРГ	(3×6+1×4)	35	-	-	-	-	АНРГ(3×6+1×4)
7	Л-7	РП-ШР5	37	57	0,015	на стене на скобах	-	АНРГ	(3×16+1×10)	60	-	-	-	-	АНРГ(3×16+1×10)
8	Л-8	Шинопровод (ШРА)	87,5	133	0,04	вдоль стены на кронштейнах	-	ШРА73-250	-	250	-	-	-	-	ШРА73-250



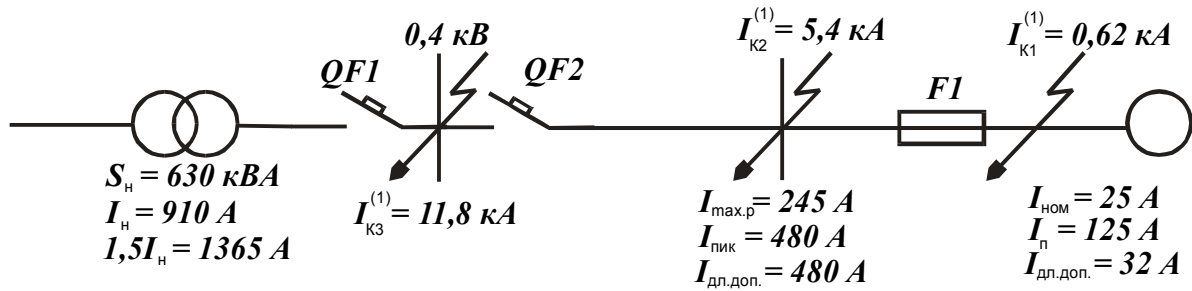


Табл. Цепочки защит для построения карты селективности

Тип аппарата	ВА55-43	ВА52-39	ПН-2-100
$I_{ном}$	1600	630	100
Условия срабатывания по току, А:			
при перегрузке	1600	250	-
при КЗ	8000	2500	80
Условия срабатывания по времени, с:			
при КЗ	0,1	0,015	0,005

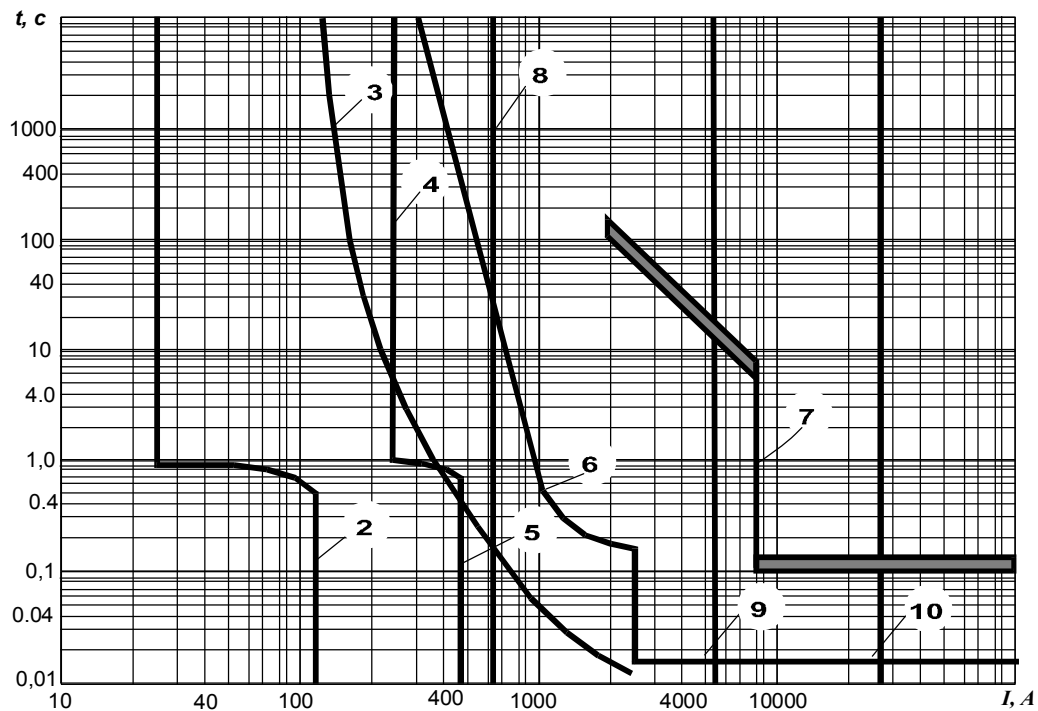


Рис.2.4 Карта селективности действия защиты в установках до 1000 В

- 1- номинальный ток двигателя;
- 2- пусковой ток двигателя;
- 3 – защитная характеристика плавкой вставки 80 А предохранителя ПН2-100
- 4,5 – номинальный расчетный и пиковый ток присоединения;
- 6 – характеристика автомата ВА52-39;
- 7 – характеристика автомата ВА55-43;
- 8,9,10 – токи КЗ в точках, указанных на рис.



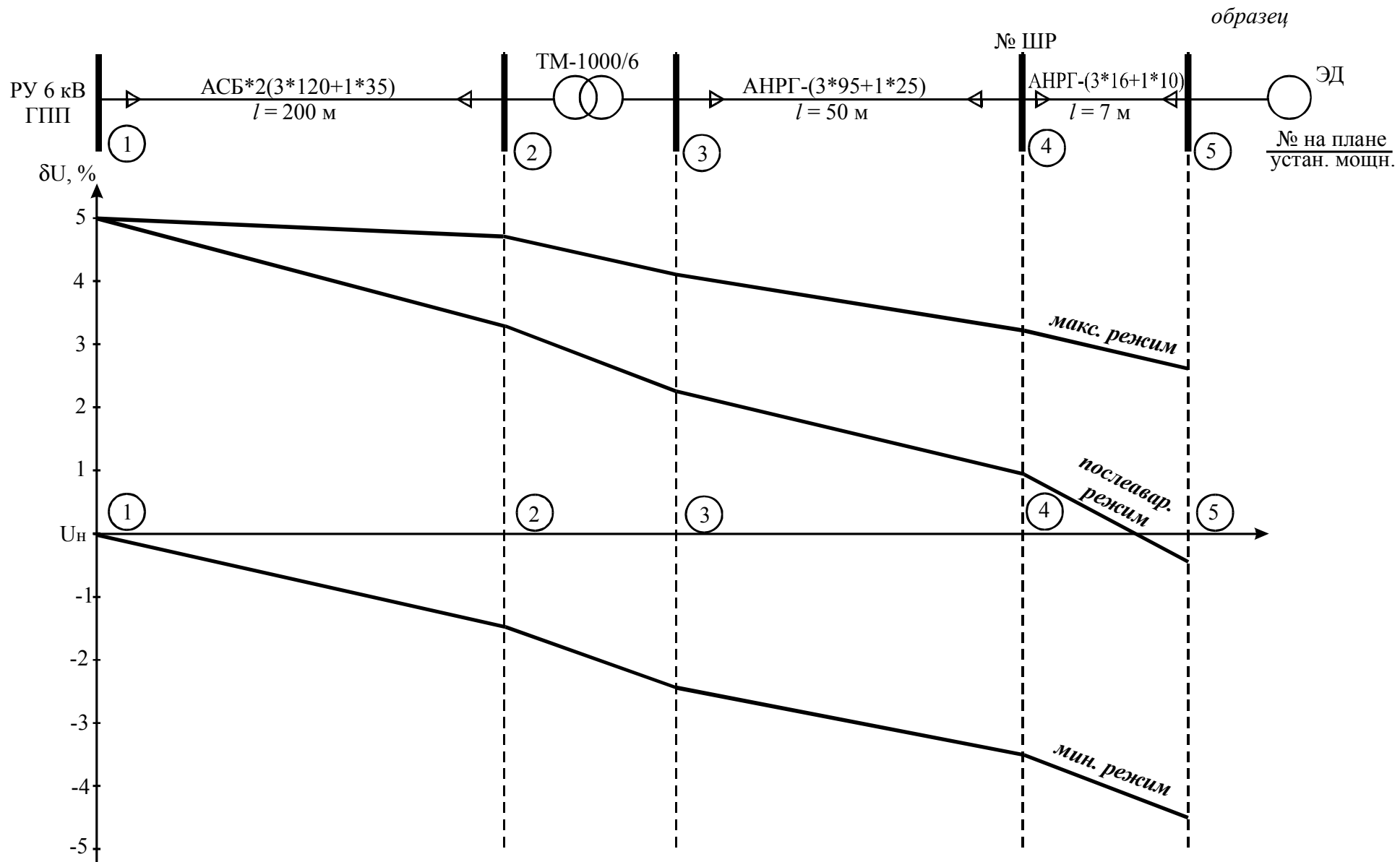


Рис. 2.5 Эпюры отклонений напряжения



## Г Л А В А 3

### Общие требования и правила оформления выпускной работы

#### **3.1. Структура расчетно-пояснительной записки**

Расчетно-пояснительная записка должна начинаться с задания на выпускную работу с исходными данными на проектирование. Последнее включает в себя:

а) генеральный план промышленного предприятия с размещением цехов и нанесением на него путей внутризаводского транспорта, зеленых насаждений, дорог, трубопроводов и т.д;

б) ведомость электрических нагрузок одного из цехов, электроснабжение которого подлежит подробно разработать;

в) план размещения оборудования в цехе, электроснабжение которого подлежит подробно разработать, с указанием номера электроприемника и его номинальной мощности.

В расчетно-пояснительной записке следует соблюдать следующую последовательность разделов задания:

- введение;
- определение расчетных электрических нагрузок рассматриваемого цеха и предприятия в целом;
- картограмма нагрузок и определение центра электрических нагрузок;
- схема внешнего электроснабжения предприятия;
- схема внутризаводского электроснабжения предприятия;
- электроснабжение цеха;
- заключение;
- список использованной литературы.

#### **3.2. Правила оформления расчетно-пояснительной записки**

Титульный лист расчетно-пояснительной записки оформляют как показано на рисунке 3.1.

Расчетно-пояснительную записку составляют на белой бумаге формата А4 по формам 5 и 5а (рис.3.2), а необходимые схемы, таблицы и чертежи допускается выполнять на листах формата А2, при этом основную надпись выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.104-68.

Страницы записки нумеруют арабскими цифрами. Задание включается в общую нумерацию. Номера страниц проставляются в правом нижнем углу основной надписи, выполненной по форме 2а, начиная со страницы второго листа.





Форма 5  
Форма для текстовых конструкторских документов  
Первый или заглавный лист

Форма 5а  
Форма для текстовых конструкторских документов  
Последующий лист

Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Резоб.	Ливенов			VI	VI
Проб.	Гаврилин				
Н.контр.					
У.тв.					

ЭСПП. 100400. 012ПЗ

Электроснабжение  
авиационного завода  
Расчетно-конструкторская заявка

ТПУ 3ЭТФ  
Группа 39340

Лист 2

ЭСПП. 100400. 012ПЗ

Рис. 3.2. Форма 5 и 5а для текстовых конструкторских документов

Разделы должны иметь порядковую нумерацию и обозначаться арабскими цифрами. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точкой. Введение и заключение не нумеруются. Иллюстрации (таблицы, чертежи, схемы, графики), которые расположены на отдельных страницах, включают в общую нумерацию страниц.

Иллюстрации (кроме таблиц) обозначаются словом "Рис." и нумеруются последовательно арабскими цифрами в пределах раздела. Номер должен состоять из номера раздела и порядкового номера иллюстрации, разделенных точкой. Номер помещается ниже иллюстрации. После номера помещают подрисуночные надписи, если в них есть необходимость.

Таблицы нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела. В правом верхнем углу таблицы под соответствующим заголовком помещают надпись "Таблица" с указанием номера. Номер состоит из номера раздела и порядкового номера таблицы, разделенных точкой. При переносе части таблицы на другой лист указывают "Продолжение табл." и указывают номер таблицы.

Формулы (если их более одной) нумеруют арабскими цифрами в пределах раздела (по аналогии с таблицами). Номер формулы указывают с правой стороны в круглых скобках.

Ссылки на литературные источники указывают цифрами, заключенными в квадратные скобки.

Оформление чертежей и схем необходимо осуществлять согласно "ГОСТ. Единая система конструкторской документации. Обозначения условные графические в схемах. – М.: Изд-во стандартов, 1985", Каменев В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок. – М.: Высшая школа, 1986.

### **3.3. Классификация схем**

Электрические схемы объектов всех видов выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 2.702-75 (СТ СЭВ 1188-78) "Правила выполнения электрических схем", ГОСТ 2.710-81 (СТ СЭВ 2182-80) "Обозначения буквенно-цифровые в электрических схемах", а также стандартов, регламентирующих условные графические обозначения в схемах. Классификация электрических схем, термины и определения устанавливают ГОСТ 2.702-84 "Схемы. Виды и типы. Общие требования к выполнению" и СТ СЭВ 527-77.

#### **Термины и определения**

**Электрическая схема** – графический конструкторский документ, на котором при помощи графических обозначений изображены электрические составные части объекта и связи между ними.

**Элемент** – составная часть объекта, которая имеет самостоятельное графическое обозначение, а также определенное функциональное назначение и не может быть разделена на части, имеющие самостоятельное функциональное назначение.

**Устройство** – совокупность элементов, представляющую единую конструкцию (блок, плата). Может не иметь в объекте строго определенного функционального назначения.

**Функциональная группа** – совокупность элементов, выполняющих в объекте определенную функцию и не объединенных в единую конструкцию.

**Функциональная часть** – элемент, устройство или функциональная группа, имеющие в объекте строго определенное функциональное назначение.

**Функциональная цепь** – линия, канал, тракт определенного назначения.

**Линия взаимосвязи** – линия на схеме, указывающая на наличие связи между функциональными частями объекта.

**Линия электрической связи** – линия на схеме, указывающая путь протекания тока, сигнала и т.д.

**Объект** – условное наименование изделия, устройства, установки, сети, применяемое в качестве общего понятия.

Схемы в зависимости от назначения подразделяются на типы. Каждому типу присваивается шифр, состоящий из буквы Э и цифры.

Схемы группы 1 – предназначены для общего ознакомления с электрическими составными частями объекта и изучения общих принципов их работы и взаимосвязей:

**структурная (Э1)**, определяющая основные части объекта, их назначение и взаимосвязи;

**принципиальная (Э2)**, разъясняющая определенные процессы, протекающие в отдельных функциональных частях или в объекте в целом.

Эти схемы разрабатывают при проектировании на стадиях, предшествующих разработке схем других групп.

Схемы группы 2 – предназначены для определения полного состава и подробного изучения принципов работы объекта, а также для его расчета.

**Принципиальная (Э3)**, определяющая полный состав элементов и связей между ними и дающая детальное представление о принципах работы объекта.

**Эквивалентная** – предназначена для анализа и расчета параметров (характеристик) объекта или его функциональных частей.

Эти схемы служат основанием для разработки других конструкторских документов, в частности чертежей, а также схем групп 3 и 4. Ими пользуются при наладке, регулировке, контроле, эксплуатации и ремонте изделий.

Схемы группы 3 – предназначены для представления сведений об электрических соединениях составных частей объекта или объекта в целом.

**схема соединений (Э4)** показывает электрические соединения отдельных составных частей объекта и определяющая провода, жгуты и кабели для осуществления этих соединений, а также места их присоединения и ввода (зажимы, разъемы, проходные изоляторы и т.д.);

**схема подключения (Э5)** показывает внешние подключения объекта;  
**общая схема (Э6)** определяет составные части комплекса и электрические соединения их между собой на месте эксплуатации.

Эти схемы используют при разработке других конструкторских документов, прежде всего чертежей, определяющих прокладку и способы крепления проводов, жгутов и кабелей в объекте, а также для осуществления присоединений и при наладке, контроле, эксплуатации объектов.

Схемы группы 4 – предназначены для определения относительного расположения объектов или составных частей объекта.

**Схема электрооборудования** проводки на планах определяет относительное расположение составных частей объекта в зданиях и сооружениях.

**Схема электроснабжения и связи** определяет относительное расположение составных частей объекта на местности.

Схемами этой группы пользуются при разработке других конструкторских документов, а также при изготовлении и эксплуатации объектов.

**Комбинирование схем.** На схемах одного типа допускается изображать фрагменты схем других типов с использованием соответствующих правил выполнения. Тип такой схемы классифицируется по основному ее назначению в соответствии с ГОСТ 2.701-76 и СТ СЭВ 527-27. В технически обоснованных случаях допускается совмещать схемы различных типов. Выполнение схем должно удовлетворять правилам ГОСТ 2.702-75 (СТ СЭВ 1188-78) для соответствующих типов схем. Совмещенной схеме присваивают все цифры типов схем, совмещенных в данной схеме, начиная с наименьшего.

**Комплектность схем.** Необходимое количество типов схем, разрабатываемых на проектируемое изделие, а также количество схем каждого типа определяется разработчиком в зависимости от особенностей изделия. Комплект схем по вариантности должен быть минимальным, но содержать сведения в объеме, достаточном для проектирования, изготовления, эксплуатации и ремонта изделия. Между схемами одного комплекта должна быть установлена однозначная связь, обеспечивающая возможность быстрого получения необходимой информации об элементах, устройствах и соединениях на всех схемах данного комплекта.

### **3.4. Обозначение схем**

Схемы обозначают в соответствии с ГОСТ 2.201-80 "Обозначение изделий и конструкторских документов", устанавливающим единую объединенную классификационную систему обозначения моделей и их конструкторских документов.

Обозначение присваивают каждому изделию. Обозначение изделия является одновременно обозначением его основного конструкторского документа (чертежа, схемы и т.д.). Обозначение изделия и его конструкторского документа не должно повторно использоваться для обозначения другого изделия и конструкторского документа.

Структура обозначения изделия и основного конструкторского документа включает в себя четырехзначный буквенный код организации-разработчика, шестизначный код классификационной характеристики, трехзначный порядковый регистрационный номер. Обозначение схемы должно состоять из обозначения изделия и шифра схемы, установленного ГОСТ 2.201-80 (СТ СЭВ 527-77):

**XXXX. XXXXXX. XXX. XX**  
**ЭСПП 100400 012 ЭЗ**  
**1 2 3 4**

- 1 - код организации-разработчика (название кафедры);
- 2 - код классификационной характеристики (код кафедры ЭСПП);
- 3 - трехзначный порядковый регистрационный номер (номер варианта задания);
- 4 – шифр схемы.

***Буквенный код организации-разработчика.***

Назначается по классификатору организации-разработчика (для кафедры электроснабжения промышленных предприятий – ЭСПП).

***Код классификационной характеристики.***

Присваивают изделию и конструкторскому документу по классификатору изделий и конструкторских документов машиностроения и приборостроения (классификатор ЕСКД). Структура кода включает класс, подкласс, группу, подгруппу и вид изделия.

***Порядковый регистрационный номер.***

Присваивается по классификационной характеристике от 001 до 999 в пределах кода организации-разработчика.

**3.5. Форматы. Основная надпись.**

ГОСТ 2.301-69 (СТ СЭВ 1181-78) "Форматы" устанавливает основные и дополнительные форматы листов. Для выполнения схем рекомендуются основные форматы:

Обозначение формата: по ГОСТ 2.301-69 по СТ СЭВ 1181-78	44 A0	24 A1	22 A2	12 A3	11 A4
Размеры сторон формата, мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210

При необходимости можно применять формат А5 с размерами сторон 148×210 мм. Допускается применять дополнительные форматы, которые

образуются увеличением коротких сторон основных форматов на величину, кратную их размерам:

A0×2	A1×2	A2×4	A4×4
1189×1682	841×1783	594×1682	297×841

Выбранный формат должен обеспечивать компактное выполнение схемы без ущерба для ее наглядности и удобства пользования. При выполнении схемы на нескольких листах формат всех листов должен быть одинаков.

Схема, как и другие конструкторские документы, должна иметь основную надпись, содержащую необходимые сведения об изображенных объектах.

Формы, размеры, содержание, порядок выполнения основных надписей и дополнительных граф к ним в конструкторских документах устанавливает ГОСТ 2.104-68 (СТ СЭВ 140-74 и СТ СЭВ 365-76) "Основные надписи" в части размещения основной надписи, разделения поля схемы на зоны и оформления поля для подшивки.

Основная надпись и дополнительные графы к ней, а также размеры рамок на схемах (первый лист) должен соответствовать ФОРМЕ 1. Для последующих листов схем допускается применять ФОРМУ 2а (рис.3.3).

Основные надписи и дополнительные графы к ним выполняют сплошными основными и сплошными тонкими линиями по ГОСТ 2.303-68 (СТ СЭВ 1178-78) "Линии".

Располагают основные надписи в правом нижнем углу конструкторских документов. Формат А4 можно располагать только вертикально. Форматы больше А - можно горизонтально и вертикально.

Рамку, ограничивающую поля схемы наносят сплошной основной линией на расстоянии 5 мм от границы формата сверху, справа и снизу; слева оставляют поле шириной 20 мм для подшивки схем.

В графах основной надписи указывают (номера граф на рис.1 показаны в скобках):

Графа 1 – наименование изделия; в соответствии с ГОСТ 2.109-73 (СТ СЭВ 858-78, СТ СЭВ 1182-78) наименование должно быть кратким и записываться в именительном падеже единственного числа; на первом листе должно стоять имя существительное, например, электроснабжение авиационного завода. После наименования изделия вписывают наименование схемы шрифтом меньшего размера, чем наименование изделия, например, однолинейная схема электроснабжения цеха.

Графа 2 – обозначение схемы по ГОСТ 2.201-80;

Графа 3 – не заполняется.

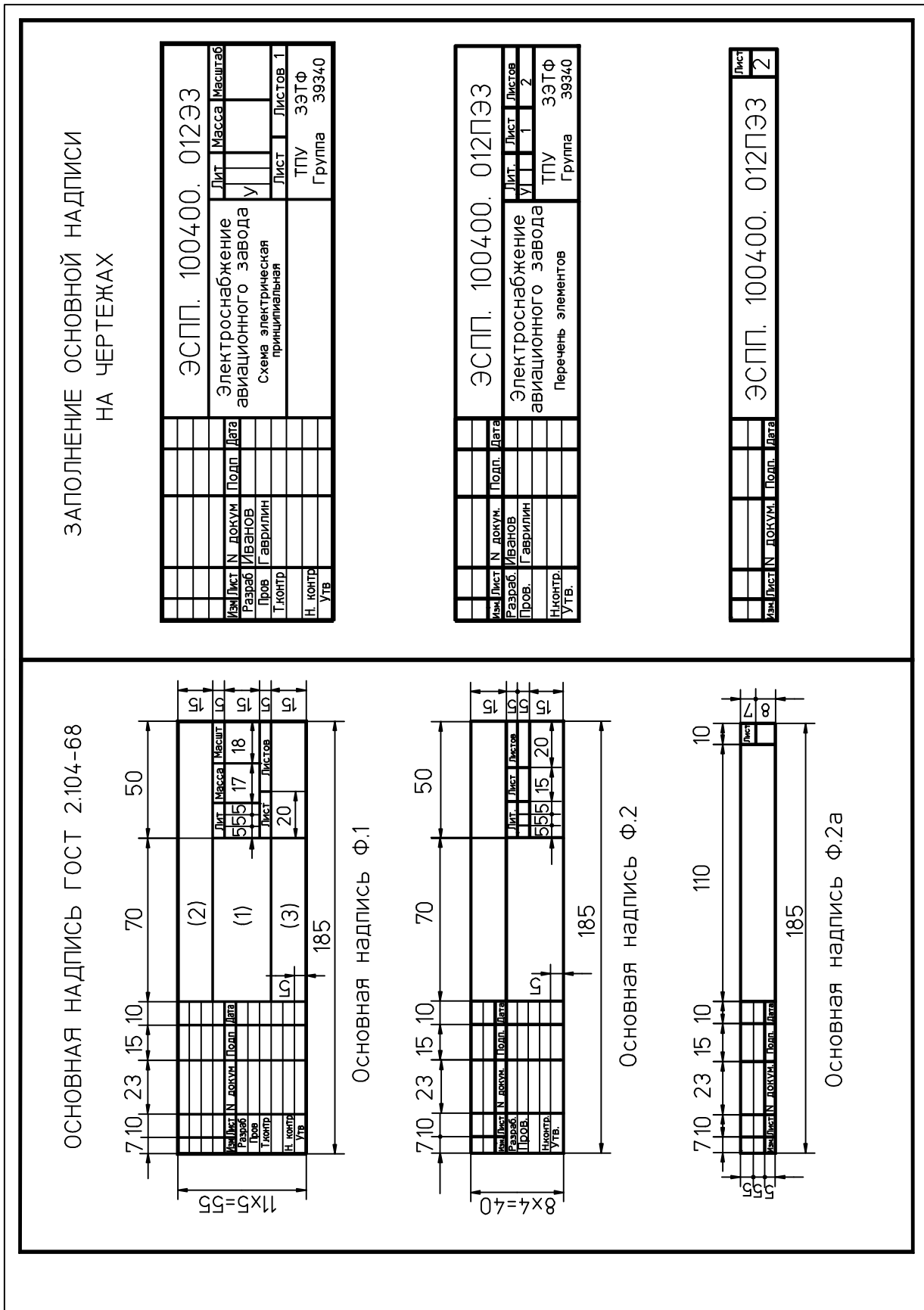


Рис. 3.3. Основные надписи

### 3.6. Рисунок схемы

Схемы выполняют без соблюдения масштаба, действительное пространственное расположение составных частей объекта не учитывают или учитывают приближенно. Расположение условных графических обозначений на схеме определяется удобством чтения схемы и должно обеспечивать наилучшее представление о структуре изделия и взаимосвязи его составных частей. Для этого при построении рисунка схемы должны соблюдаться следующие условия: элементы, совместно выполняющие определенные функции, должны быть сгруппированы и расположены соответственно развитию процесса слева направо; расположение элементов внутри функциональных групп должно обеспечивать наиболее простую конфигурацию цепей (с минимальным количеством изломов и пересечений линий связи); дополнительные и вспомогательные цепи (элементы и связи между ними) должны быть выведены из полосы, занятой основными цепями.

Линии связи изображают в виде горизонтальных и вертикальных отрезков и взаимных пересечений. Величина промежутка между двумя соседними параллельными линиями должна быть не менее 2 мм независимо от принятой толщины линий.

На схемах разрешается графически выделять устройства, функциональные группы, части схемы, относящиеся к определенным постам, помещениям и т.п., а также части схем непосредственно не входящие в изделия, но изображенные для лучшего прочтения схемы. Для выделения устройств и функциональных групп используется тонкая штрихпунктирная линия с одной точкой, а для графического разделения частей схемы – тонкая штрихпунктирная линия с двумя точками.

Очерчиваемая фигура, как правило, должна быть прямоугольником

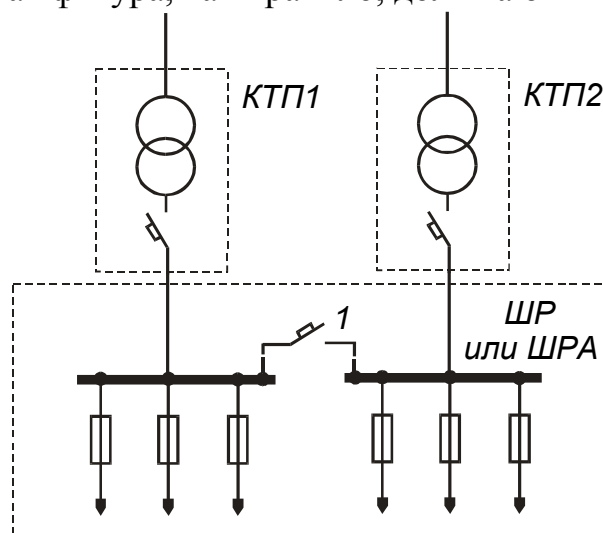


Рис.3.4. Схема резервирования питания цеховых электроприемников первой и второй категории

### 3.7. Графические обозначения

Электрические элементы и устройства на схеме изображают в виде условных графических обозначений (УГО), установленных стандартами



ЕСКД или построенных на их основе. При необходимости применяют нестандартизованные УГО. Стандартизованные или строящиеся на основе стандартизованных графические обозначения на схемах не поясняют, нестандартизованные обобщения должны быть пояснены на свободном поле схемы.

Кроме условных графических обозначений на схемах соответствующих типов можно применять другие категории графических обозначений: прямоугольники произвольных размеров, содержащие пояснительный текст; внешние очертания, представляющие собой упрощенные конструкторские изображения изделий; прямоугольники, выполненные линией выделения устройств и функциональных групп. При этом детальные схемы соответствующих объектов выполняют на свободном поле схемы в виде самостоятельных документов. Применение на схемах тех или иных категорий графических обозначений определяется правилами выполнения схем.

Если на УГО установлено несколько допустимых вариантов выполнения, различающихся геометрической формой и степенью детализации, то их применяют в зависимости от назначения и типа разрабатываемой схемы, а также количества информации, которую необходимо передать графическими средствами. При этом во всех схемах одного типа, входящих в комплект документации на изделие, применяют один выбранный вариант обозначения.

#### ***Размеры условных графических обозначений***

Стандартные условные графические обозначения элементов выполняют по размерам, указанным в соответствующих стандартах. Если размеры стандартами не установлены, то графические обозначения на схеме должны иметь такие же размеры, как их изображения в стандартах.

Допускается на схеме увеличивать размеры обозначений отдельных элементов, если необходимо графически выделить особое или важное значение элемента (устройства), а также поместить внутри обозначения предусмотренные стандартами квалифицирующие символы или дополнительную информацию. Для обеспечения визуального восприятия схемы расстояния между двумя соседними линиями в любом графическом обозначении должны быть не менее 0,8 мм.

Условные графические обозначения элементов, используемых как составные части более сложных элементов, изображают уменьшенными по сравнению с остальными элементами схемы для сокращения общих размеров графических обозначений. В случаях, оговоренных соответствующими стандартами, допускается непропорциональное изменение графических обозначений (например, многоотводные резисторы).

Выбранные размеры и толщины линий графических обозначений должны быть выдержаны постоянными во всех схемах одного типа на данное изделие.

### **Ориентация условных графических обозначений**

Размещение условных графических обозначений на схеме должно обеспечивать наиболее строгий рисунок схемы с минимальным количеством изломов и пересечений линий электрической связи.

Рекомендуется изображать условные графические обозначения в положении, указанном в стандартах, или перевернутыми относительно друг друга на углы, кратные  $90^\circ$ , а также зеркально повернутыми.

Для упрощения начертания схем или более наглядного представления отдельных цепей допускается поворачивать условные графические обозначения на углы, кратные  $45^\circ$  по сравнению с их изображениями в стандарте. Если же повороты и зеркальные изображения условных графических обозначений приводят к искажению или потере смысла, то такие обозначения выполняют в положениях, приведенных в соответствующих стандартах.




Варианты условных графических обозначений элементов, применяемых при построении электрических схем, приведены в приложении 2.

### **3.8. Линии**

Линии на схемах всех типов выполняют в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.751-73 "Электрические связи, провода, кабели, шины". Толщины линий выбирают в зависимости от формата схемы и размеров условных графических обозначений. На одной схеме рекомендуется применять не более трех типов размеров линий по толщине: тонкую  $S/3$ , утолщенную  $S/2$  и толстую  $S$ , где  $S$  – толщина линии, которая выбирается в зависимости от размеров схемы. Выбранные толщины линий должны быть постоянными во всем комплекте схем на изделие.

Условные графические обозначения и линии связи выполняют одной и той же толщины. Оптимальная толщина 0,3-0,4 мм, что соответствует по ГОСТ 2.305-68\*(СТ СЭВ 1178-78) сплошной тонкой линии.

Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине и основное назначение линий приведены в табл.

Наименование по ГОСТ 2.303-68 (СТ СЭВ 1178-78)	Начертание	Толщина линий по отношению к толщине $S$	Основное назначение
Сплошная линия		$S/2$ и $S/3$	Линии электрической связи: кабель, провод, шина, линия; линия групповой связи; линия условных графических обозначений <i>Примечание.</i> Допускается для линий групповой связи применять утолщенные и толстые линии
Сплошная толстая основная		$S$	
Штриховые		$S/2$ и $S/3$	Линия экранирования, механической связи

Штрихпунктирная	-----	S/2 4 S/3	Линия для выделения на схеме групп элементов, составляющих устройство или функциональную группу
Штрихпунктирная с двумя точками	-----	S/2 4 S/3	Линия разъединительница (для графического разделения частей схемы)

Длину штрихов в штриховых и штрихпунктирных линиях выбирают в указанных пределах в зависимости от размера схемы.

### ***Линии групповой связи***

Для уменьшения количества линий, изображаемых на схеме, рекомендуется применять условные графические слияние отдельных линий в групповые линии по правилам, установленным ГОСТ 2.751-73.

При использовании групповых линий должны выполняться следующие требования. Каждая сплошная линия в месте слияния должна быть помечена условным порядковым номером; допускается помечать линии буквами или сочетанием букв и цифр. Сливаемые линии не должны иметь разветвлений, т.е. каждый условный номер должен встречаться на линии групповой связи два раза.

Условные порядковые номера не присваивают, если сливаемые линии уже имеют обозначения, например номера проводов. Сливаемые линии на всех схемах комплекта изображают одним из двух приведенных в стандарте способов: под прямым углом или с изломом под углом в 45° к групповой линии.

### ***Текстовая информация***

При необходимости на схеме помещают следующие данные: наименование или характеристики электрических сигналов; обозначения электрических цепей; технические характеристики объекта, приведенные в виде текста, таблиц, диаграмм и т.д. Расположение и форма записи текстовых данных на схемах устанавливает СТ СЭВ 158-75, а содержание и назначение определяются типом схемы и устанавливаются в правилах выполнения схем соответствующих типов.

Текстовые данные могут располагаться: рядом с графическим обозначением или внутри них; рядом с линиями, в разрыве линий или в конце линий; на свободном поле схемы.

В зависимости от назначения текстовые данные на схеме имеют следующие формы записи: условные буквенно-цифровые обозначения (номера цепей, обозначения электрических контактов, элементов и т.п.); наименование сигналов, функциональных групп; сплошной текст (технические требования, пояснения и т.д.); Текст, разбитый на графы (Таблица коммутации многопозиционных переключателей); таблицы, в которых сочетается текст и графические обозначения (таблица использования контактов реле).

Текстовые данные, относящиеся к линиям, ориентируют параллельно их горизонтальным участкам; при большой плотности схемы допускается вертикальная ориентация данных (рис.3.5).

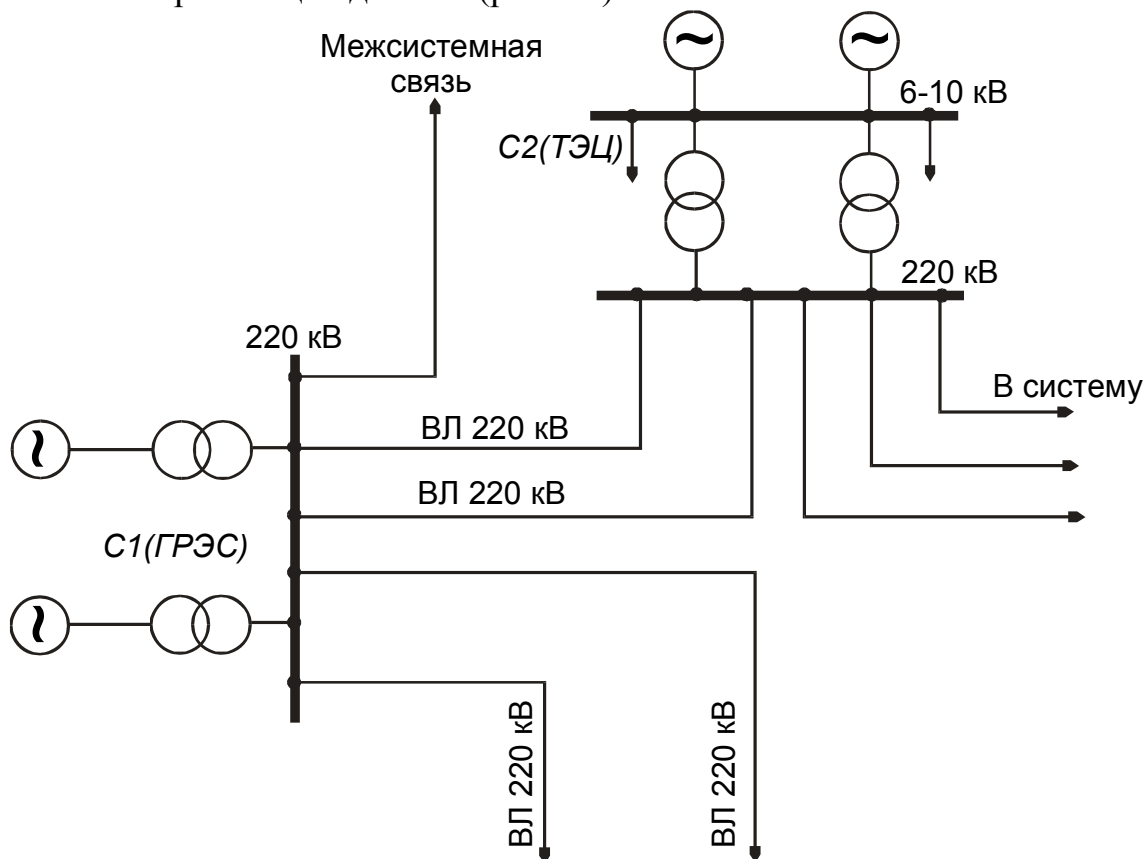


Рис.3.5.

Таблицы, помещаемые на свободном поле схемы, должны иметь наименования, раскрывающие их содержание, например, таблица коммутации переключателей.

Все надписи на схемах выполняют чертежным шрифтом по ГОСТ 2.304-81. Допускается на одной схеме для выделения различных категорий данных применять шрифты разных размеров, например, условные буквенно-цифровые обозначения, квалифицирующие символы графических обозначений, заголовки таблиц можно выполнить шрифтом большего размера в отличие от других текстовых данных.

### 3.9. Буквенно-цифровые обозначения в схемах

Типы условных буквенно-цифровых обозначений элементов, устройств и функциональных групп, а также правила их построения устанавливает ГОСТ 2.710-81.

Позиционное обозначение элемента в общем случае из двух частей, указывающих вид и номер элемента и записываемых без разделительных знаков и пробелов. Они являются обязательной частью условного буквенно-цифрового обозначения и присваивается всем элементам и устройствам

объекта. В первой части позиционного обозначения указывают буквенный код вида элемента (одна или несколько букв латинского алфавита), во второй части - номер элемента данного вида (арабские цифры). Например: С4 - конденсатор с порядковым номером 4 на схеме.

Буквенные коды видов элементов приведены в табл. 3.1. Элементы разбиты по видам на группы, имеющие обозначения из одной буквы. Для уточнения вида элементов применяют двухбуквенные и многобуквенные коды.

### **3.10. Правила выполнения принципиальной схемы (ЭЗ)**

Схема является наиболее полной электрической схемой объекта, на которой изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в объекте заданных электрических процессов, все связи между ними, а также элементы подключения (разъемы, зажимы), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. Допускается изображать на схеме соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в объекте по конструктивным соображениям, а также приводить упрощенные изображения неэлектрических элементов (пневмоприводы, кулачки для выключателей и т. п.). Неэлектрические элементы изображаются условными графическими обозначениями или упрощенными конструктивными очертаниями.

Электрические элементы на схеме изображаются условными графическими обозначениями, начертание и размеры которых установлены в стандартах ЕСКД.

Элементы и устройства, имеющие не одно положение контактов, изображают в положении, обеспечивающем обесточенное состояние. Элементы и устройства, которые приводятся в действие механически, изображают в нулевом или отключенном положении.

Условные графические обозначения элементов, функциональных групп и устройств выполняют совмещенным или разнесенным способом. При совмещенном способе составные части элементов или устройств изображают на схемах так, как они расположены в изделии, т. е. в непосредственной близости друг к другу. При разнесенном способе условные графические обозначения составных частей элементов располагают в разных местах схемы с учетом порядка прохождения по ним тока (т. е. последовательно), так чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Разнесенным способом допускается вычерчивать как отдельные элементы или устройства (например, обмотки и контактные группы реле, контакты штепсельных разъемов и др.), так и всю схему. Раздельно изображаемые части элементов можно соединять линией механической связи (штриховая линия), указывающей на принадлежность их к одному элементу.

При изображении элементов разнесенным способом разрешается на свободном поле схемы помещать условные графические обозначения

элементов, выполненные совмещенным способом. При этом элементы, используемые в изделии частично, изображают полностью с указанием использованных и неиспользованных частей (например, все контакты реле). Выводы неиспользованных частей изображают короче выводов использованных.

Рекомендуется выполнять схемы строчным способом: условные графические обозначения элементов или их составных частей в соответствии с функциональным назначением группировать в горизонтальные и вертикальные цепи. При этом допускается нумеровать цепи арабскими цифрами.

Схемы выполняют в многолинейном или однолинейном изображении. При многолинейном изображении каждую цепь изображают отдельной линией, а элементы в цепях - отдельными условными обозначениями. При однолинейном изображении цепи, выполняющие идентичные функции, изображают одной линией, а одинаковые элементы этих цепей - одним условным обозначением. Однолинейное изображение рекомендуется для упрощения начертания схем с большим числом линий связи и их большой протяженностью (например, принципиальные схемы силовых цепей).

В состав схемы, кроме изображения, входят надписи, характеризующие входные и выходные цепи, позиционные обозначения элементов и перечень элементов.

Возле условных графических обозначений элементов, назначение или использование которых в условиях эксплуатации требует пояснения (например, регулируемые элементы, контрольные гнезда и т. д.), должны быть помещены надписи, знаки или графические обозначения, идентичные тем, которые будут нанесены на изделие. Надписи, предназначенные для нанесения на изделие, на схеме заключают в кавычки. Если элемент, требующий пояснения, изображен разнесенным способом, то поясняющую надпись помещают около составной части элемента или на поле схемы около изображения элемента, выполненного совмещенно.

### **3.11. Позиционные обозначения элементов**

Всем изображенным на схеме элементам и устройствам в пределах объекта присваиваются условные буквенно-цифровые позиционные обозначения.

Порядковые номера элементам и устройствам присваивают, начиная с единицы для элементов или устройства одного вида в соответствии с последовательностью их расположения на схеме сверху вниз в направлении слева направо, например, R1, R2, R3....., C1, C2, C3,..... . Буквы и цифры позиционного обозначения выполняют чертежным шрифтом одного размера. Последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена в зависимости от размещения элементов в объекте, направления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса, а

также при внесении в схему изменений. Позиционные обозначения наносят на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и устройств с правой стороны или над ними.

На схемах с устройствами функционального назначения, каждое из которых выделяют штрихпунктирными линиями и надписывают, позиционные обозначения элементов присваивают в пределах каждого устройства по правилам, изложенным выше. Элементам не входящим в устройство, позиционные обозначения присваивают после элементов, входящих в устройство. При наличии в объекте нескольких одинаковых функциональных групп, например А1, А2, позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из групп, повторяют во всех последующих группах. При разнесенном способе изображения позиционные обозначения наносят около каждой составной части элемента или устройства .

### **3.12. Перечень элементов**

Данные об элементах и устройствах, изображенных на схеме объекта, записывают в перечень или помещают рядом с элементами на свободном поле схемы. Связь между условными графическими обозначениями и перечнем элементов осуществляется через позиционные обозначения, Перечень помещают на первом листе схемы или выполняют в виде самостоятельного документа на листе формата А4 с основной надписью для текстовых документов по форме 2 или 2а ГОСТ 2.104-68 (рис. 3.5). В основной надписи перечня под наименованием изделия, для которого составлен перечень, делают запись “Перечень элементов” шрифтом на один-два размера меньшим того, каким записано наименование изделия. В соответствующей графе основной надписи указывают шифр “П” перечня и шифр схемы, например ПЭЗ – перечень принципиальной схемы.

\* Перечень элементов оформляют в виде таблицы заполняемой сверху вниз. При размещении перечня на первом листе схемы его располагают над основной надписью на расстоянии не менее 12 мм от нее. Продолжение перечня помещают слева от основной надписи, повторяя головку таблицы. В графах перечня указывают следующие данные:

\* в графе “Поз. Обознач.” – позиционное обозначение элемента, устройства или функциональной группы;

\* в графе “Наименование” – наименование элемента (устройства) в соответствии с документом, на основании которого он применен, и обозначение этого документа (основной конструкторский документ, ГОСТ, ТУ);

\* в графе “Кол.” – количество одинаковых элементов;

\* в графе “Примечание” – технические данные элемента, не содержащиеся в его наименовании.

Допускается вводить в перечень дополнительные графы, если они не дублируют сведений в основных графах.





Поз. обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
E1...E6	Патрон E27ФП-02У4	6					
FU1...F4	Предохранитель НПН2-60-У3	4	6А				
F5,F6	Предохранитель ПП-А/3У3	2					
F7,F8	Предохранитель НПН2-60-У3	2	16А				
HA1	Звонок МЗ-1	1	220 В				
HL1...HL3	Арматура АМЕ3242212У2	3	24 В, желтый				
HL4...HL6	Арматура АМЕ3232212У2	3	24 В, зеленый				
HL7...HL9	Арматура АМЕ3212212У2	3	24 В, красный				
HL10	Арматура АМЕ3252212У2	1	24 В, молочный				
HL11	Лампа Б235-245-100	1					
HL12	Лампа МО24-60	1					
K1	Реле управления	1					
K2	Реле РПК1-031У4	1	220 В				
K3	Реле промежуточное РП256У4	1	220 В				
K4	Реле РУ-1-11У3	3	1 А				
K5	Реле РУ-1-11У3	1	0,05 А				
K6...K8	Реле РУ-1-11У3	3	0,01 А				
K9...K10	Реле РУ-1-11У3	2					
K11...K16	Реле РН-54/160У4	6					
KA1...KA3	Реле тока РТ40/10У4	3					
KT1,KT2	Реле времени РВ238(РВ248)	2	220 В				
KT3...KT6	Реле времени РВ235(РВ245)	4	220 В				
M1	Электродвигатель	1					
PA1,PA2	Амперметр Э365 - 2кА; т.т. 2000/5	2					
PI1,PI2	Счетчик электрический СР4У-И673М	2					
PI3,PI4	Счетчик электрический СА4У-И672М	2					
PV1,PV2	Вольтметр Э365 - 500 В	2					
ЭСПП.100400.013ПЭЗ							
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.	Иванов				Лит.	Лист	Листов
Пров.	Гаврилин				У	1	2
Н.контр.					ТПУ ЗЭТФ		
УТВ.					Группа 39А90		
					Подстанция трансформаторная комплектная КТП-630-1000-1081У3		
					Перечень элементов		

Рис.3.6 Пример выполнения перечня элементов



Для сокращения перечня допускается однотипные элементы с одинаковыми параметрами, имеющие на схеме последовательные порядковые номера, записывать в перечень одной строкой, вписывая в соответствующую графу только позиционные обозначения с наименьшими и наибольшими порядковыми номерами (например, R3 ... R7; C8 ... C12). В графе “Кол.” Указывают общее количество таких элементов.

При записи однотипных элементов допускается не повторять в каждой строке наименование элемента, а записывать его в виде заголовка к соответствующему разделу или записывать в заголовке обозначения документов, на основании которых применены эти элементы. Заголовки подчеркивают тонкой сплошной линией.

Пример выполнения перечня элементов для комплектной трансформаторной подстанции представлен на рис.3.6

### 3.13. Буквенные коды видов элементов

Первая буква кода - группа видов элементов; вторая буква кода - видов элементов.

Таблица 3.1

Первая буква кода	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двух-буквенный код
1	2	3	4
<b>A</b>	Устройства (общее обозначение)	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры	
<b>B</b>	Преобразователи неэлектрических величин и электрические (кроме генераторов и источников питания) или, наоборот, аналоговые или многоразрядные преобразователи или датчики для указания измерения	Громкоговоритель Магнитострикционный элемент Сельсин-приемник Сельсин-датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Датчик давления Тахогенератор Датчик скорости	<b>BA</b> <b>BB</b> <b>BE</b> <b>BC</b> <b>BK</b> <b>BL</b> <b>BP</b> <b>BR</b> <b>BV</b>
<b>C</b>	Конденсаторы		
<b>D</b>	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройства задержки	<b>DA</b> <b>DD</b> <b>DS</b> <b>DT</b>
<b>E</b>	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы)	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	<b>EK</b> <b>EL</b> <b>ET</b>

1	2	3	4
<b>F</b>	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	<b>FA</b> <b>FP</b> <b>FU</b> <b>FV</b>
<b>G</b>	Генераторы, источники питания,	Батарея	<b>GB</b>
<b>H</b>	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	<b>HA</b> <b>HG</b> <b>HL</b>
<b>K</b>	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	<b>KA</b> <b>KH</b> <b>KK</b> <b>KM</b> <b>KT</b> <b>KV</b>
<b>L</b>	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	<b>LL</b>
<b>M</b>	Двигатели постоянного и переменного тока		
<b>P</b>	Приборы, измерительное оборудование <i>Примечание.</i> Сочетание <b>PE</b> применять не допускается	Амперметр Счетчик импульсов Частотомер Счетчик активной энергии Счетчик реактивной энергии Омметр Регистрирующий прибор Часы, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	<b>PA</b> <b>PC</b> <b>PF</b> <b>PI</b> <b>PK</b> <b>PR</b> <b>PS</b> <b>PT</b> <b>PV</b> <b>PW</b>
<b>Q</b>	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т. д.)	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	<b>QF</b> <b>QK</b> <b>QS</b>
<b>R</b>	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	<b>RK</b> <b>RP</b> <b>RS</b> <b>RU</b>

1	2	3	4
<b>S</b>	Устройства коммутационные в цепях управления, сигнализации и измерительных <i>Примечание.</i> Обозначение <b>SF</b> применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий: от уровня от давления от положения (путевой) от частоты вращения от температуры	<b>SA</b> <b>SB</b> <b>SF</b>  <b>SL</b> <b>SP</b> <b>SQ</b> <b>SR</b> <b>SK</b>
<b>T</b>	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	<b>TA</b> <b>TS</b> <b>TV</b>
<b>U</b>	Устройства связи Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный, инвертор, генератор частоты, выпрямитель	<b>UB</b> <b>UR</b> <b>UI</b>  <b>UZ</b>
<b>V</b>	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	<b>VD</b> <b>VL</b> <b>VT</b> <b>VS</b>
<b>W</b>	Линии и элементы СВЧ	Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль	<b>WE</b> <b>WK</b> <b>WS</b>
<b>W</b>	Антенны	Трансформатор, неоднородность Аттенуатор Антенна	<b>WT</b> <b>WU</b> <b>WA</b>
<b>X</b>	Соединения контактные	Токосъемник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	<b>XA</b> <b>XP</b> <b>XS</b> <b>XT</b> <b>XW</b>
<b>Y</b>	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	<b>YA</b> <b>YB</b> <b>YC</b> <b>YH</b>
<b>Z</b>	Устройства оконечные, фильтры Ограничители	Ограничитель Фильтр кварцевый	<b>ZL</b> <b>ZQ</b>

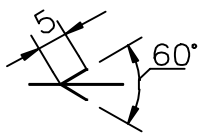
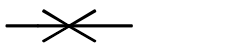





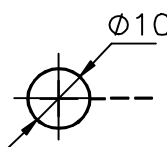
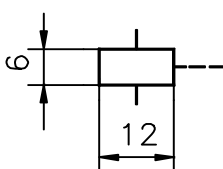
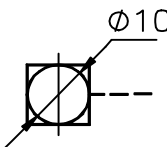
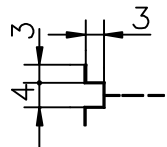
## ЛИТЕРАТУРА






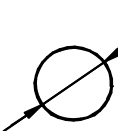
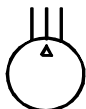

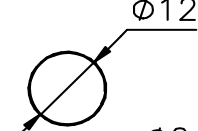
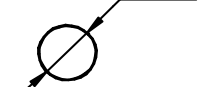
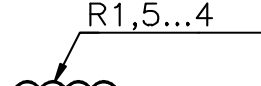
1. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Энергоатомиздат, 1995
2. Правила устройства электроустановок / Минэнерго СССР. – 6-е изд. М.: Энергоатомиздат, 1986
3. Справочник по проектированию электроснабжения /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990 (Электроустановки промышленных предприятий /Под общей ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
4. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991 (Электроустановки промышленных предприятий /Под общ. ред. Ю.Н. Тищенко и др.)
5. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию в 2-х т. /Под общ. ред. А.А. Федорова Т1 Электроснабжение – М.: Энергоатомиздат, 1986
6. Справочник по электроснабжению и электрооборудованию в 2-х т. /Под общ. ред. А.А. Федорова Т2 Электрооборудование – М.: Энергоатомиздат, 1987
7. Каменев В.Н. Чтение схем и чертежей электроустановок. – М.: Высшая школа, 1986.
8. Александров К.К., Кузьмина Е.Г. Электротехнические чертежи и схемы. - М.: Энергоатомиздат, 1990. - 288 с.: ил.

# ПРИЛОЖЕНИЯ

## Условные графические обозначения

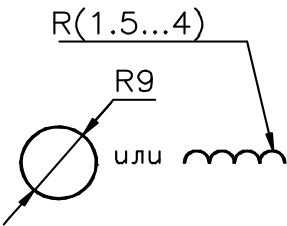

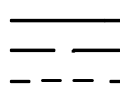
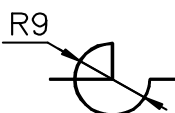

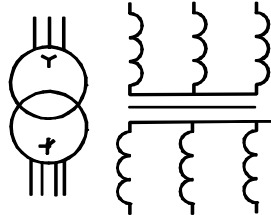
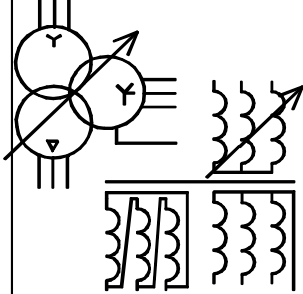

Приложение 2

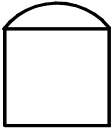
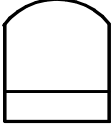
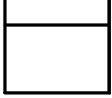
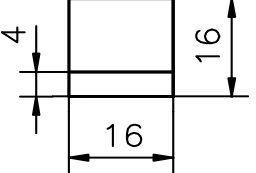
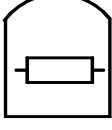
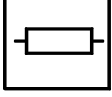
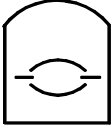
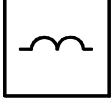
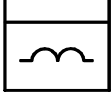
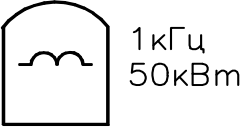
Наименование	Обозначение
Поток электромагнитной энергии, сигнал электрический:	
в одном направлении	
в обоих направлениях	
Регулирование:	
линейное (общее обозначение)	
нелинейное	
подстроечное	
Саморегулирование:	
линейное	
нелинейное	
Элементы привода и управляющих устройств:	
привод электромашинный	
привод электромагнитный	
привод электротепловой	
привод с помощью биметалла	

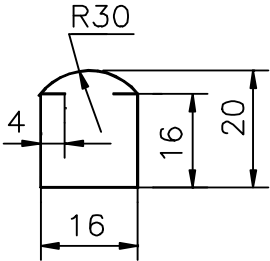
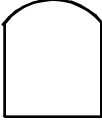
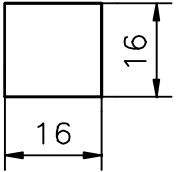








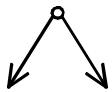
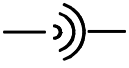


Наименование	Обозначение
Обозначение элементов электрических машин	
Обмотка добавочных полюсов, компенсационная обмотка	
Обмотка статора машины переменного тока, обмотка последовательного возбуждения машины постоянного тока	
Обмотка параллельного возбуждения машины постоянного тока, обмотка независимого возбуждения	
Машина электрическая. Общее обозначение Примечание. Внутри окружности допускается указывать следующие данные:	
род машины (генератор – G, двигатель – M, возбуждатель – В, тахогенератор – BR и др.); род тока, число фаз или вид соединения обмоток	
Статор. Общее обозначение	
Статор с трехфазной обмоткой: соединенной в треугольник	
соединенной в звезду	
Размеры условных графических обозначений: статор электрической машины	
ротор электрической машины, обмотка трансформатора	
обмотка катушки индуктивности	




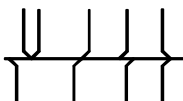
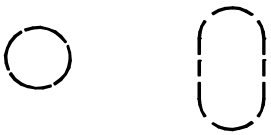


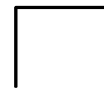

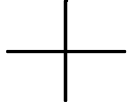
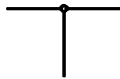
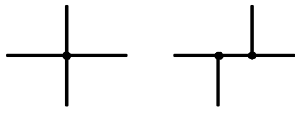


Наименование	Обозначение
Автотрансформатор трехфазный с магнитопроводом; соединение обмоток в звезду	
Трансформатор тока с одной вторичной обмоткой	
Трансформатор тока с одним магнитопроводом и двумя вторичными обмотками	
Трансформатор напряжения измерительный	
Токосъемник троллейный, общее обозначение	
Предохранитель: пробивной	
плавкий, общее обозначение	
инерционно-плавкий	
быстродействующий	
Выключатель-предохранитель	
Разъединитель-предохранитель	

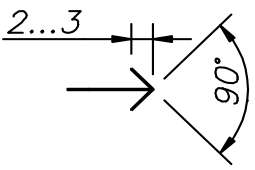
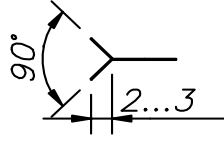
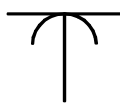
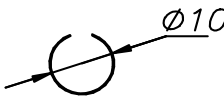
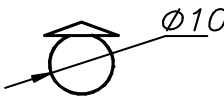
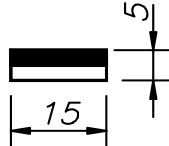

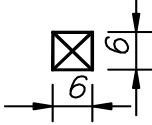





Наименование	Обозначение
<p>Обозначение элементов катушек индуктивности, дросселей, трансформаторов и магнитных усилителей</p> <p>Обмотка трансформатора, автотрансформатора, дросселя и магнитного усилителя</p> <p>Примечания:                      1. Количество полуокружностей в изображении обмотки и направление выводов не устанавливается                      2. При изображении усилителей разнесенным способом используют следующие обозначения:                          рабочая обмотка                          управляющая обмотка                      3. Для указания начала обмотки используют точку</p> <p>Магнитопровод:                      ферромагнитный                      ферромагнитный с воздушным зазором                      магнитоэлектрический</p> <p>Катушка индуктивности, дроссель без магнитопровода</p> <p>Реактор</p> <p>Реактор (дроссель) с магнитопроводом</p> <p>Трансформатор трехфазный с магнитопроводом, соединение обмоток звезда-звезда с выведенной нейтральной точкой</p> <p>Трансформатор трехфазный трехобмоточный с магнитопроводом; соединение обмоток звезда с регулированием под нагрузкой – треугольник-звезда с выведенной нейтральной точкой</p> <p>Автотрансформатор однофазный с магнитопроводом</p>	<p>R(1.5...4)</p>  <p>или</p>       

Наименование	Обозначение
Обозначение электронагревательных устройств с различными способами нагрева	
Электронепечь промышленная прямого нагрева	
Электронепечь промышленная косвенного нагрева	
Электронагреватель прямого нагрева	
Электронагреватель косвенного нагрева	
Электронепечь сопротивления. Общее обозначение	
Электронагреватель сопротивления. Общее обозначение	
Электронепечь дуговая. Общее обозначение	
Электронагреватель индукционный. Общее обозначение	
Электронагреватель индукционный прямого нагрева	
Электронепечь индукционная прямого нагрева с указанием рабочих параметров	

Наименование	Обозначение
<p>Обозначение электротермических установок и электронагревательных устройств</p> <p>Установка электротермическая. Общее обозначение</p>	
<p>Устройство электротермическое с камерой нагрева; промышленная электропечь</p>	
<p>Устройство электротермическое без камеры нагрева; электронагреватель</p> <p>Обозначение методов нагрева</p>	
<p>Дуговой</p>	
<p>Плазменный</p>	
<p>Электронный</p>	
<p>Сопротивлением</p>	
<p>Смешанный (дуговой и сопротивлением)</p>	
<p>Индукционный</p>	
<p>Индукционный токком повышенной частоты</p>	
<p>В высокочастотном поле конденсатора (диэлектрический)</p>	
<p>Инфракрасный</p>	
<p>Ультразвуковой</p>	
<p>Режим нагрева непрерывный</p>	
<p>Признак устройства (установки), предназначенной для плавки</p>	

Наименование	Обозначение
Общее обозначение линий электрической связи, проводов, кабелей и шин	
Линия электрической связи. Провод, кабель, шина	
Линия групповой связи	
Графическое слияние линий электрической связи в линию групповой связи	
Экранирование группы линий электрической связи	
Линия электрической связи экранированная	
Заземление	
Корпус (машины, аппарата, прибора)	
Излом линии электрической связи:	
под углом 90 градусов	
под углом 135 градусов	
Графическое пересечение двух линий электрической связи, электрически не соединенных. Линии должны пересекаться под углом 90 градусов	
Линии электрической связи с ответвлениями:	
одним	
двумя	

Наименование	Обозначение
Подземная линия с покрытием (общее обозначение)	
Подземная линия с кирпичным покрытием	
Подземная линия с бетонным покрытием	
Контакт разъединителя	
Контакт выключателя разъединителя	
Выключатель трехполюсный	
Выключатель трехполюсный с автоматическим возвратом	
Выключатель высокого напряжения	
Отделитель	
Короткозамыкатель	
Выключатель путевой однополюсный	
Выключатель путевой трехполюсный	
Переключатель трехполюсный	
Разъединитель трехполюсный	
Выключатель кнопочный нажимной с замыкающим контактом	

Наименование	Обозначение
Штырь	
Гнездо	
Токосъемник, контакт скользящий	
Подстанция – установка открытая	
Подстанция – установка закрытая	
Щит, пункт распределительный	
Щиток группового рабочего освещения	
Щиток группового аварийного освещения	
Выключатель однополюсный в осветительной цепи	
Выключатель автоматический	
Шкаф, ящик управления	
Пускатель магнитный	
Кнопка управления	

## Справочные данные электрооборудования

**Расчетные коэффициенты электрических нагрузок электроприемников**

Электроприемники	Коэффициенты	
	$K_{и}$	$\cos\varphi$
Вентиляторы производственные, воздуходувки, дымососы, вакуумные насосы	0,75	0,8
Насосы водяные	0,7-0,8	0,8
Компрессоры	0,65	0,8
Транспортеры ленточные	0,4-0,5	0,8-0,7
Элеваторы, шнеки	0,6	0,7
Барабаны смесительные	0,6-0,7	0,8
Электрофильтры	0,4	0,85
Металлорежущие станки	0,12-0,25	0,4-0,65
Краны, кран-балки, тельферы при ПВ=25%	0,05	0,5
То же при ПВ=40%	0,1	0,5
Сварочные трансформаторы дуговой электросварки	0,2	0,4
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,6
Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,5	0,7
Сварочные машины (шовные, стыковые, точечные)	0,2-0,5	0,6-0,7
Сварочные автоматы	0,35	0,5
Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75-0,8	0,95
Приводы с непрерывным технологическим потоком (мешалки, центрифуги)	0,5	0,85
Штамповочные прессы	0,25	0,65
Молоты	0,3	0,6
Переносной электроинструмент	0,06	0,5
Двигатель-генераторы	0,7	0,8
Ткацкие станки	0,7	0,7
Прядильные машины	0,5	0,7
Резиносмесители	0,55	0,85
Шлам насосы	0,5	0,75
Дробилки	0,5	0,8
Электрокалориферы	0,6	0,85
Механизмы пылеуборки	0,45	0,65



**Технические данные автоматических выключателей**

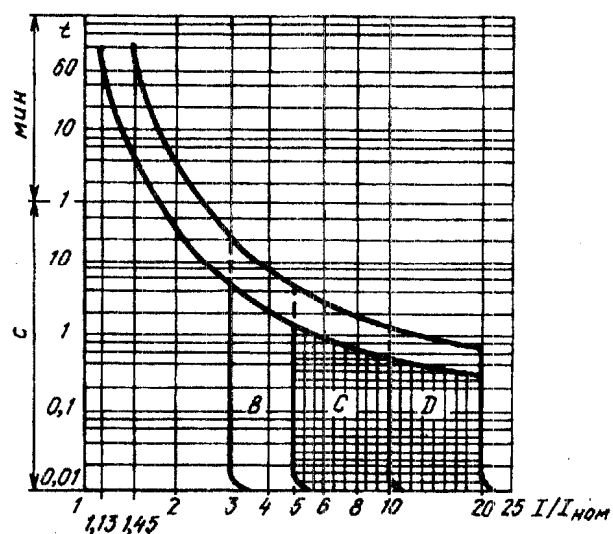
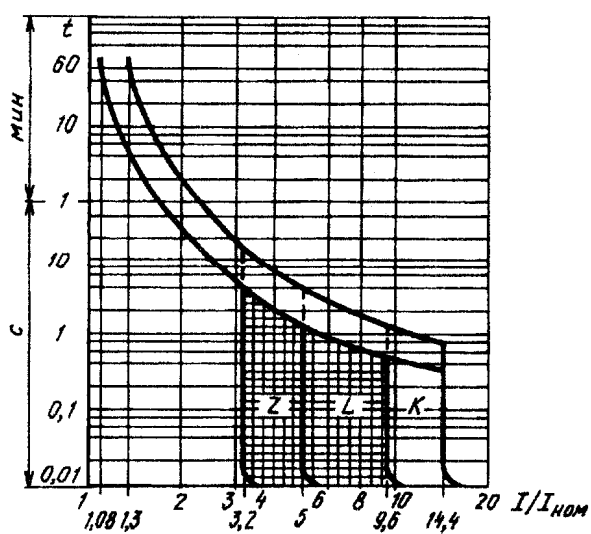
**Технические данные автоматических выключателей  
серии ВА на токи до 250А**

Данные выключателей			Параметры выключателей		
Тип	Номинальный ток, А	Число полюсов	Номинальный ток расцепителей с обратозависимой характеристикой, А	Уставки срабатывания по току и кратности к $I_{ном}$ расцепителя, $I/I_{ном}$	
				электромагнитного расцепителя	с гидравлическим замедлителем
1	2	3	4	5	6
<b>ВА13-25</b>	25	3	3,15; 5,0; 16; 25	7	-
<b>ВА13-29</b>	63	2; 3	0,8; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63	3; 6; 12	6; 12
<b>ВА14-26</b>	32	1; 2; 3	16; 20; 25; 32	10	-
<b>ВА16-26</b>	32,5	1	6,3; 10; 16; 20; 25	14	-
<b>ВА51-26</b>	32	2; 3	31,5; 6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 15; 32	7; 10	-
<b>ВА51Г-26</b>	32	2; 3	0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6; 2,0 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0; 10,0; 12,5; 16; 20; 25; 32		
<b>ВА51Г-25</b>	25	3		7; 10	-
<b>ВА51Г-25</b>	25	3			
<b>ВА51-31</b>	10	1; 2; 3	6,3; 8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31; 63; 80; 100	3; 7,5; 10	-
<b>ВА51Г-31</b>	100	3	16; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100	14	-
<b>ВА51-33</b>	160	2; 3	80; 100; 125; 160	10	-
<b>ВА57-35</b>	250	2; 3	16; 20; 25; 31,5; 40; 50 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250	2,5; 4,0; 5,0; 6,0; 8,0; 10,0	-

**Технические данные автоматических выключателей  
серии ВА на токи выше 250А**

Данные выключателей			Параметры выключателей		
Тип	Номинальный ток, А	Число полюсов	Номинальный ток расцепителей с обратозависимой характеристикой, А	Уставки срабатывания по току и кратности к $I_{НОМ}$ расцепителя, $I/I_{НОМ}$	Уставка по времени срабатывания в зоне КЗ, с
1	2	3	4	5	6
ВА74-40	800	3	130, 190, 260, 275, 500, 625, 760, 800	2; 2,5; 3; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 6,5; 7; 7,5; 8	0,18; 0,38; 0,63; 1,0
ВА74-43	1600	3	1250, 1600		
ВА74-45	3000	3	2000, 2500, 3000		
ВА74-48	5500	3	4000, 5500		
ВА81-41	1000	2; 3	-	6; 7	-
ВА83-41	1000	2; 3	250, 400, 630, 1000	2; 3; 4; 5; 6; 7	-
ВА51-29	630	2; 3	400, 500, 630	4; 5; 6; 8; 10	-
ВА52-39	630	2; 3	250, 320, 400, 500, 630	10	-
ВА53-43	1600	2; 3	1000, 1280, 1600	2; 3; 5; 7	-
ВА55-43	1600	2; 3	1000, 1280, 1600	2; 3; 5; 7	0,1; 0,2; 0,3
ВА85-41	1000	2; 3	250, 400, 630, 1000	2; 3; 4; 5; 6; 7	0,1; 0,2; 0,3

**Времятоковые характеристики выключателей серии ВА**



**Кабели с медными жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле и воздухе**

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Токовая нагрузка, А, на кабели											
	одножильные до 1 кВ		двухжильные до 1 кВ		трехжильные						четырёхжильные до 1 кВ	
	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	до 3 кВ		6 кВ		10 кВ		в земле	в воздухе
2,5	—	40	45	30	40	28	—	—	—	—	—	—
4	80	55	60	40	55	37	—	—	—	—	50	35
6	105	75	80	55	70	45	—	—	—	—	60	45
10	140	95	105	75	95	60	80	55	—	—	85	60
16	175	120	140	95	120	80	105	65	95	60	115	80
25	235	160	185	130	160	105	135	90	120	85	150	300
35	285	200	225	150	190	125	160	110	150	105	175	120
50	360	245	270	185	235	155	200	145	180	135	215	145
70	440	305	325	225	285	200	245	175	215	165	265	185
95	520	360	380	275	340	245	295	215	265	200	310	215
120	595	415	435	320	390	285	340	250	310	240	350	260
150	675	470	500	375	435	330	390	290	355	270	395	300
185	755	525	—	—	490	375	440	325	400	305	450	340
240	880	610	—	—	570	430	510	375	460	350	—	—

Примечания: 1. Токовые нагрузки на одножильные кабели сечением 300, 400, 500, 625 и 800 мм<sup>2</sup> соответственно в земле 1000, 1200, 1520, 1700 А, в воздухе 720, 880 1020, 1180 и 1400 А.

2. Токовые нагрузки на одножильные кабели даны при работе на постоянном токе.

**Кабели с алюминиевыми жилами, с бумажной пропитанной изоляцией, в свинцовой или алюминиевой оболочке, прокладываемые в земле и воздухе**

Площадь сечения жилы, мм <sup>2</sup>	Токовые нагрузки, А, на кабели (на одножильные для работы при постоянном токе)											
	одножильные до 1 кВ		двухжильные до 1 кВ		трехжильные						четырёхжильные до 1 кВ	
	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе	до 3 кВ		6 кВ		10 кВ		в земле	в воздухе
2,5	—	31	35	23	31	22	—	—	—	—	—	—
4	60	42	46	31	42	29	—	—	—	—	38	27
6	80	55	60	42	55	35	—	—	—	—	46	35
10	110	75	80	55	75	46	60	42	—	—	65	45
16	135	90	110	75	90	60	80	50	75	46	90	60
25	180	125	140	100	125	80	105	70	90	65	115	75
35	220	155	175	115	145	95	125	85	115	80	135	95
50	275	190	210	145	180	120	155	110	140	105	165	по
70	340	235	250	175	220	155	190	135	165	130	200	140
95	400	275	290	210	260	190	225	165	205	155	240	165
120	460	320	335	245	300	220	260	190	240	185	270	200
150	520	360	385	290	335	255	300	225	275	210	305	230
185	580	405	—	—	380	290	340	250	310	235	345	260
240	675	470	—	—	440	330	390	290	355	270	—	—

Примечание. Токовые нагрузки на одножильные кабели сечением 300, 400, 500, 625 и 800 мм<sup>2</sup> соответственно в земле 770, 940, 1060, 1170 и 1310 А, в воздухе 565, 675, 785, 910 и 1080 А.

**Активные и индуктивные сопротивления, Мом/м, проводов и кабелей с  
алюминиевыми и медными жилами (для напряжения до 500 В)  
при номинальной нагрузке**

Площадь сечения провода или жилы, мм <sup>2</sup>	Активное сопротивление жилы		Индуктивное сопротивление		Площадь сечения провода или жилы, мм <sup>2</sup>	Активное сопротивление жилы		Индуктивное сопротивление	
	алюминиевой	медной	Провод голый и изолированный, открыто проложенный	Провод в трубах или кабель		алюминиевой	медной	Провод голый и изолированный, открыто проложенный	Провод в трубах или кабель
1,5	22,2	13,35	—	0,11	50	0,67	0,4	0,25	0,06
2,5	13,3	8	—	0,09	70	0,48	0,29	0,24	0,06
4	8,35	5	0,33	0,1	95	0,35	0,21	0,23	0,06
6	5,55	3,33	0,32	0,09	120	0,28	0,17	0,22	0,06
10	3,33	2	0,31	0,07	150	0,22	0,13	0,21	0,06
16	2,08	1,25	0,29	0,07	185	0,18	0,11	0,21	0,06
25	1,33	0,8	0,27	0,07	240	0,13	0,08	0,2	0,06
35	0,95	0,57	0,26	0,06	300	0,12	0,07	0,19	0,06

**Воздушные двухцепные линии на металлических опорах**

Напряжение, кВ	Сечение, мм <sup>2</sup>	Вес. тн/км на одну цепь	Потери мощности кВт/км на одну цепь	Нагрузка, сотни кВА на одну цепь	Длина линии при полной нагрузке на 1% потери напряжения
35	35	0,31/0,45	88	10,3	1340
	50	0,39/0,59	113	13,3	1480
	70	0,55/0,83	125	16,6	1650
	95	0,77/1,16	134	20,3	1840
	120	0,93/1,48	140	23,0	2050
	150	1,21/1,85	1,49	27,0	2190
	185	1,48/2,31	161	31,2	2340
	240	1,96/2,99	176	36,9	2560
110	70	0,55/0,83	125	104	5100
	95	0,77/1,16	134	128	5700
	120	0,93/1,48	140	144	6400
	150	1,21/1,85	149	170	6800
	185	1,48/2,31	161	196	7300
	240	1,96/2,99	176	232	7900

**Потери напряжения,  $e$ , %/(А.км), в трехфазных сетях 380 В, выполненных  
проводами в трубах и кабелями**

Сечение жялы. мм <sup>2</sup>	$e$ , %/(А.км), при $\cos\varphi$							
	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
<b>Провода и кабели с алюминиевыми жилами</b>								
2,5	1,76	2,32	2,89	3,45	4,02	4,58	5,14	5,69
4	1,11	1,47	1,82	2,18	2,52	2,87	3,23	3,56
6	0,754	0,988	1,22	1,46	1,69	1,92	2,15	2,37
10 16	0,469	0,610	0,748	0,887	1,03	1,17	1,29	1,42
	0,307	0,394	0,480	0,567	0,642	0,735	0,817	0,888
	0,211	0,266	0,321	0,375	0,428	0,480	0,530	0,569
35	0,160	0,200	0,238	0,276	0,313	0,349	0,384	0,407
50	0,122	0,149	0,176	0,202	0,227	0,251	0,273	0,284
70	0,0965	0,116	0,134	0,152	0,169	0,185	0,200	0,203
95	0,080	0,0934	0,106	0,119	0,130	0,141	0,151	0,150
120	0,070	0,0806	0,0906	0,100	0,109	0,117	0,123	0,119
150	0,0628	0,0710	0,0787	0,0855	0,0915	0,0970	0,100	0,0945
185	0,0547	0,0633	0,0692	0,0746	0,0792	0,0830	0,0847	0,0769
240	0,0510	0,0555	0,0601	0,0637	0,0664	0,0683	0,0687	0,0592
<b>Провода и кабели с медными жилами</b>								
1	2,63	3,43	4,26	5,10	5,94	6,76	7,6	8,41
1,5	1,74	2,29	2,85	3,41	3,96	4,51	5,06	5,60
2,5	1,06	1,40	1,73	2,06	2,39	2,72	3,05	3,37
4	0,68	0,891	1,10	1,30	1,51	1,71	1,92	2,11
6	0,464	0,603	0,741	0,880	1,02	1,15	1,28	1,41
10	0,293	0,378	0,458	0,541	0,621	0,70	0,776	0,842
16	0,199	0,250	0,301	0,351	0,400	0,447	0,494	0,528
25	0,142	0,173	0,205	0,236	0,266	0,295	0,322	0,337
35	0,110	0,133	0,155	0,176	0,197	0,216	0,234	0,241
50	0,0874	0,103	0,117	0,132	0,146	0,158	0,169	0,169
70	0,0701	0,0805	0,0901	0,0997	0,107	0,115	0,121	0,120
95	0,0615	0,0692	0,0760	0,0824	0,0879	0,0929	0,0956	0,0887
120	0,0555	0,0615	0,0664	0,0710	0,0751	0,0779	0,0787	0,0702
150	0,0514	0,0551	0,0592	0,0624	0,0646	0,0664	0,0660	0,0562
185	0,0478	0,0510	0,0537	0,0555	0,0574	0,0578	0,0565	0,0455
240	0,0440	0,0460	0,0478	0,0490	0,0495	0,0490	0,0467	0,0350

Примечание. Для кабелей с бумажной изоляцией до 1 кВ при  $\cos\varphi=0,3$  и сечении 240 мм<sup>2</sup> данные таблицы должны быть снижены примерно на 15%.. По мере уменьшения сечения до 2,5 мм<sup>2</sup> или увеличения значения  $\cos\varphi$  до 1,0 это снижение постепенно уменьшается до 0.

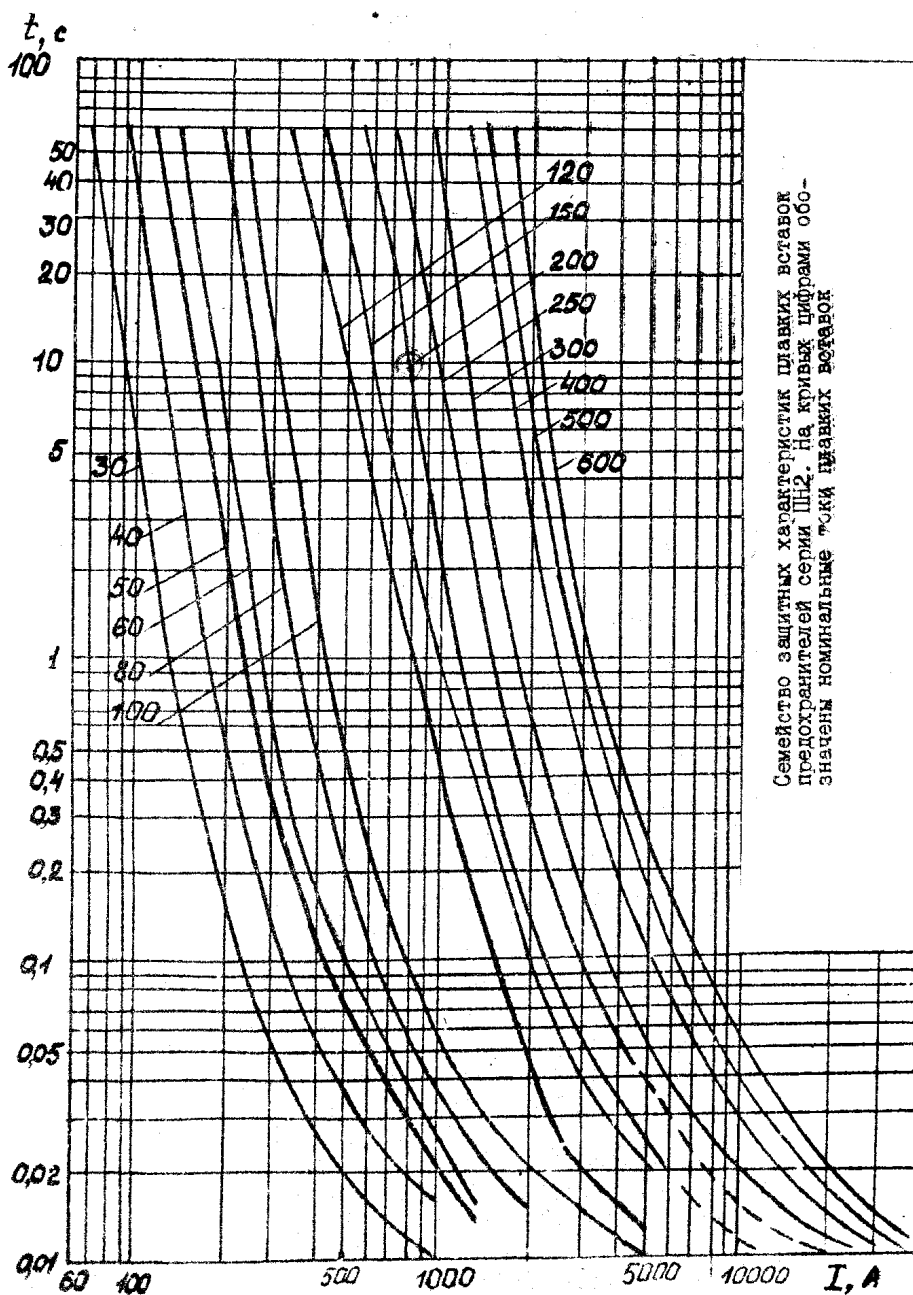
**Шкафы распределительные серии ШР11  
с предохранителями ПН2 и (или) НПН2**

Тип шкафа	Аппараты ввода		Число трехфазных групп и номинальные токи, А, предохранителей отходящих линий
	Тип и номинальные токи, А		
	рубильника	предохранителей	
ШР11-73701 ШР11-73702 ШР11-73703	PI6-353 250At		5x60
			5x100
			2x60+2 x 100
ШР11-73504 ШР11-73505 ШР11-73506 ШР11-73507 ШР11-73508 ШР11-73509 ШР11-73510 ШР11-73511	PI6-373 400 А		8x60
			8x100
			8x250
			3x100 + 2x250
			5x250
			4x60 + 4x100
			2x60 + 4x100 + 2x250
			6x100 + 2x250
ШР11-73512 ШР11-73513 ШР11-73514 ШР11-73515 ШР11-73516 ШР11-73517	PI6-373 400 А	400	8x50
			8x100
			8x250
			4x60 + 4x100
			2x60 + 4x100 + 2x250
			6x100 + 2x250

- Примечание: 1. Шкафы выпускаются по степени защиты оболочки шкафа, в двух исполнениях - IP22 и IP54, что отражается в обозначении шкафа введением дополнительно к марке шкафа обозначений 22У3 или 54У2, например, ШР11-73701-22У3 и ШР11-73701-54У2.
2. Длительно допустимая нагрузка шкафов со степенью защиты оболочки IP22 равна номинальному току вводного аппарата, а шкафов со степенью защиты IP54 – 80% этой величины.

### Технические данные предохранителей

Тип	Номинальное напряжение, В	Номинальный ток, А		Предельный отключаемый ток, кА, при $U_{ном}$ , В	
		предохранителя	плавкой вставки	380	500
НПН2-60	500	60	6,10,15,20,25,30,40,50,60	10	-
ПН2-100	380	100	30,40,50,60,80,100	100	50
ПН2-250	380	250	80,100,120,150,200,250	100	50
ПН2-400	380	400	200,250,300,400	40	25
ПН2-600	380	600	300,400,500,600	25	25



# ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

## Методические указания к выполнению выпускной работы бакалавра

Составители: *Анатолий Иванович Гаврилин*  
*Сергей Геннадьевич Обухов*  
*Анатолий Иосифович Озга*

Подписано к печати 27.11.2001.

Формат 60×84/16 Бумага офсетная.

Плоская печать. Усл. печ.л 5. Уч.-изд.л. 4,53

Тираж 100 экз. Заказ . Цена свободная.

ИПФ ТПУ. Лицензия ЛТ № 1 от 19.07.94 г.

Типография ТПУ, 634034, г.Томск, пр.Ленина, 30