

Кафедра электроэнергетики и электротехники

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ

Методические указания и задания к выполнению курсовой работы
для обучающихся – Электроэнергетика и электротехника всех форм обучения

Архангельск 2020

СОСТАВИТЕЛИ: С.В. Петухов, И.И. Соловьев. Проектирование систем электроснабжения и осветительных сетей. Методические указания и задания к выполнению курсового проекта для обучающихся всех форм обучения - Электроэнергетика и электротехника , теплоэнергетика и теплотехника– 2020.- 63 с.

Данная разработка включает в себя задание для обучающихся и указания по его выполнению, технические данные и перечень рекомендуемой литературы.

Содержание

Введение	4
1 Задание к курсовому проекту	4
2 Методические указания к выполнению курсовой работы	43
2.1 Выбор нормируемых параметров	43
2.2 Виды освещения	43
2.3 Выбор источников света	44
2.4 Выбор коэффициента запаса k	45
2.5 Выбор светильников	46
2.6 Размещение светильников	46
2.7 Расчет освещения методом коэффициента использования светового потока	48
2.8 Расчет освещения методом удельной мощности	49

2.9 Расчет освещения точечным методом	50
2.10 Электрический расчет осветительных установок	52
2.11 Расчет электрических нагрузок по предприятию	56
Список литературы	61

Введение

Дисциплины «Электроснабжение», «Электроснабжение объектов», «Режимы электроснабжения потребителей, предприятий, организаций и учреждений» являются важнейшими профилирующими дисциплинами, входяще в базовый компонент учебных планов – Электроэнергетика и электротехника профили «Электроснабжение» и «Менеджмент в электроэнергетике и электротехнике», теплоэнергетика и теплотехника профиль «Энергообеспечение предприятий».

Цель дисциплин – подготовка специалиста высокой квалификации, способного выполнять все задачи, связанные с проектированием систем электроснабжения и осветительных сетей.

Задачи дисциплин - освоение методик расчетов электрических нагрузок, светотехнических расчетов осветительных сетей.

Цель и задачи проектирования

Цель курсового проекта по электроснабжению промышленных предприятий – подготовка студентов к выполнению дипломного проекта на завершающей стадии обучения в университете.

Задачи курсового проектирования: систематизация, расширение и закрепление теоретических знаний по специальным дисциплинам: приобретение и развитие навыков решения инженерных задач с использованием современных методов расчета, выполнения чертежей предлагаемых конструкций, овладение методикой выбора электрооборудования и схем электроснабжения с использованием директивных, инструктивных и справочных материалов, современных научных и инженерных разработок в области электроснабжения; умение оформлять техническую документацию в соответствии с ГОСТов.

Содержание проекта

Курсовой проект состоит из пояснительной записки и графической части. Объем текстовой части должен составлять 80–100 страниц печатного текста. Графическая часть состоит из четырех чертежей формата А2.

Пояснительная записка должна содержать: титульный лист, задание на курсовое проектирование, реферат, оглавление, разделы проекта, список использованной литературы, приложения.

Курсовой проект должен включать следующие разделы:

- введение;
- краткую характеристику технологического процесса и требования к надежности электроснабжения;
- определение расчетных электрических нагрузок цехов и предприятия и построение картограммы нагрузок;
- выбор номинального напряжения линий электропередачи, их числа, сечения и марки проводов;
- выбор схемы внешнего электроснабжения предприятия;
- выбор мощности трансформаторов ГПП (ПВ) и места их установки;
- выбор схемы внутреннего электроснабжения;
- выбор схемы цеховой сети;
- выбор компенсирующих устройств;
- расчет токов короткого замыкания;
- выбор и проверка электрических аппаратов и токоведущих частей;
- расчёт защит и их согласование;
- выбор схемы автоматики, сигнализации и учёта.

Графическая часть должна включать:

- генеральный план предприятия с нанесением на него картограммы нагрузок и внутризаводской сети высокого напряжения;

- однолинейную схему электроснабжения предприятия;
- план цеха с расставкой оборудования и нанесением силовой сети низкого напряжения;
- однолинейная схема цеха.

Задание на проектирование

Курсовой проект «Электроснабжение промышленных предприятий» включает в себя электроснабжение Завода и электроснабжения Цеха. Исходными данными на проектирование электроснабжение Завода являются: генеральный план предприятия с размещением цехов, подъездных путей, сведения об источниках питания, общая установленная мощность $P_{ном}$ приемников электроэнергии, коэффициенты спроса K_c и мощности $\cos\varphi$ по цехам предприятия приложение 1. Сведения об этих величинах по каждому варианту задания и генеральные планы предприятий приводятся в таблицах.

Номинальная мощность источников энергосистемы $S_{ном.с} = 1000$ МВ·А, а ее относительное реактивное сопротивление на стороне напряжением 110 кВ составляет $X_{*с} = 0,3$. Стоимость электроэнергии $c_э$ = по утвержденным тарифам руб/(кВт·ч). Годовое число часов использования максимума активной нагрузки T_M и продолжительность работы в году $T_{г}$ – выбирается по справочнику, в зависимости от рода предприятия и числа смен. Продолжительность суточного максимума нагрузки равна $t_M = 1$ ч. Высоковольтные электродвигатели являются синхронными.

В задании не указана суммарная установленная мощность приемников Цеха, ее следует определить самостоятельно согласно варианту задания в приложении 2 курсового проекта.

Цех имеет три производственных отделения. Например, механическое, заготовительно-сварочное, кузнечно-термическое, а также склад готовой продукции и комнату мастеров. Трехфазными электроприемниками цеха являются асинхронные двигатели (приводы станков, прессы, кузнечных молотов, вентиляторов), электрические печи сопротивления. К однофазным приемникам электроэнергии относятся сварочные трансформаторы, электросварочные машины, светильники с люминесцентными и газоразрядными лампами ДРЛ. Асинхронные двигатели характеризуются номинальной активной мощностью $p_{ном}$, развиваемой ими на валу, а остальные приемники – мощностью, потребляемой из сети ($p_{ном}$ или $s_{ном}$). Кратность пускового тока всех асинхронных двигателей равна 5,5. Работа электроприемников характеризуется коэффициентом использования $k_{и}$, коэффициентом мощности $\cos\varphi_{ном}$, а также (для двигателей) КПД $\eta_{ном}$. Номинальное напряжение всех электроприемников равно 380 В.

УКАЗАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ РАЗДЕЛОВ ПРОЕКТА

Во введении необходимо сформулировать требования к системе электроснабжения и определить назначение курсового проекта с учетом современных тенденций развития электроснабжения.

Краткая характеристика технологического процесса и требования к надежности электроснабжения

В этом разделе привести основные характеристики предприятия: наименование, виды выпускаемой продукции, особенности технологического процесса, число смен, последствия перерывов электроснабжения, категорию бесперебойного электроснабжения предприятия в целом, общую установленную мощность приемников с напряжением до и выше 1000В; указать наличие источников

загрязнения окружающей среды, особенности генплана (количество цехов, их расположение, возможность прокладки воздушных линий, место ГПП, и т.д.), источники электроснабжения предприятия (их местоположение, располагаемая мощность, напряжение). Характеристика проектируемого цеха должна содержать: общие сведения о цехе, виды выпускаемой продукции и данные по исходным материалам, наименование оборудования, тип подстанции, и т.п.

Определение расчетных электрических нагрузок

В курсовом проекте определение расчетных нагрузок в сетях низкого напряжения предусмотрено двумя методами:

- упорядоченных диаграмм (коэффициента использования и коэффициента максимума);
- коэффициента спроса.

1. Метод упорядоченных диаграмм.

По методу упорядоченных диаграмм в курсовом проекте рассчитываются нагрузки в цехе.

Согласно методу расчетная мощность группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_p = K_m P_c = K_m K_u P_{ном}, \text{ кВт},$$

где P_c – средняя активная мощность группы электроприемников, кВт;

$P_{ном}$ – суммарная номинальная активная мощность группы электроприемников, кВт;

K_m – групповой коэффициент максимума;

K_u – групповой коэффициент использования активной мощности.

При этом коэффициент максимума рассматривается как функция двух переменных, т.е. $K_m = f(n_\Sigma, K_u)$, где $n_\Sigma = \frac{2 \sum P_n}{P}$, – эффективное число электроприемников (если $n_\Sigma > n$, то следует принять $n_\Sigma = n$).

Где P_n номинальная мощность, $P_{мах}$ – номинальная мощность наиболее мощного приемника в группе.

м

Эту функцию можно представить в виде таблицы 2:

Таблица 2 – Зависимость K_m от n_Σ и K_u

n_Σ	K_u							
	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
4	3,43	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14
5	3,23	2,42	2,00	1,76	1,57	1,41	1,26	1,13
6	3,04	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,10
7	2,88	2,10	1,80	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09
8	2,72	1,99	1,72	1,52	1,40	1,30	1,20	1,08
9	2,56	1,90	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08
10	2,42	1,84	1,60	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07
12	2,24	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07
14	2,10	1,67	1,45	1,32	1,25	1,20	1,13	1,07

16	1,99	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07
18	1,91	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06
20	1,84	1,50	1,34	1,24	1,20	1,15	1,11	1,06
25	1,71	1,40	1,28	1,21	1,17	1,14	1,10	1,06
30	1,62	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,10	1,05
100	1,21	1,12	1,10	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02

В курсовом проекте по методу упорядоченных диаграмм рассчитываются мощности P_p , Q_p , S_p электроприемников Цеха. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Расчетные нагрузки электроприемников Цеха

Наименование РУ и электроприемников	$P_{ном},$ кВт	$n/nэ$	$P_{номΣ},$ кВт	K_u	$tgφ/cosφ$	m	Средние нагрузки					Расчетные нагрузки			
							$P_c,$ кВт	$Q_c,$ квар	$n_э$	$K_{м.а.}$	$K_{м.р.}$	$P_p,$ кВт	$Q_p,$ квар	$S_p,$ кВ·А	$I_p,$ А
...															
Итого по ЩС 1															
ЩО															
Всего на шинах НН															

2. Метод коэффициента спроса.

По методу коэффициента спроса в курсовом проекте рассчитываются нагрузки в по предприятия.

Этот метод применяется в проектной практике при большом числе электроприемников. В соответствии с этим методом допускается определять мощности отдельных цехов по средним значениям коэффициента спроса:

$$P_{р.н} = K_c P_{ном}, \text{ кВт},$$

где $P_{ном}$ – суммарная номинальная активная мощность силовых электроприемников цеха, кВт;

K_c – коэффициент спроса данной группы электроприемников.

Расчетная реактивная мощность при известной величине $P_{p.n}$:

$$Q_{p.n} = \operatorname{tg} \varphi \cdot P_{p.n}, \text{ квар},$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, соответствующий заданному $\cos \varphi$.

Полученные результаты сводим в таблицу 4.

Таблица 4 – Расчетные нагрузки цехов комбината

№ цеха	Наименование цеха	$P_{ном.}$, кВт	K_c	$\cos \varphi$	$\operatorname{tg} \varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВар	S_p , кВА	$I_{p \max}$, А
...									
	Итого								

Расчетная активная мощность приемников освещения цеха также определяется по методу коэффициента спроса:

$$P_{p.o} = K_{c.o} P_{ном.o} K_{np.a}, \text{ кВт},$$

где $K_{c.o}$ – коэффициент спроса приемников освещения;

$K_{np.a}$ – коэффициент, учитывающий потери мощности в пускорегулирующей аппаратуре, $K_{np.a} = 1,12$;

$P_{ном.o}$ – суммарная номинальная мощность приемников освещения, кВт, определяемая по выражению:

$$P_{ном.o} = P_{уд.o} F_{ц},$$

где $P_{уд.o}$ – удельная установленная мощность осветительных приемников (ламп) на 1 м² освещаемой площади цеха, кВт/м²;

$F_{ц}$ – площадь пола цеха по генплану, м².

Газоразрядные лампы (люминесцентные, ДРЛ) используются на предприятии как основные источники света. Для них реактивная мощность определяется по выражению:

$$Q_{p.o} = P_{p.o} \operatorname{tg} \varphi_o, \text{ квар},$$

где $\operatorname{tg} \varphi_o$ – коэффициент реактивной мощности электроприемников освещения.

В курсовом проекте выбирается тип источников света для цехов и территории предприятия. Выбор количества и схемы размещения ламп не требуется. Расчеты сведены в таблицу 5.

Таблица 5 – Расчетная мощность приемников освещения

№ цеха	Наименование цеха	$F_{ц}$, м ²	$P_{уд.o}$, Вт/м ²	$P_{ном.o}$, кВт	$K_{c.o}$	$\operatorname{tg} \varphi_o$	$P_{p.o}$, кВт	$Q_{p.o}$, квар
...								
	Освещение предприятия							

На основании предыдущих расчетов составляем сводную таблицу расчетных нагрузок цехов предприятия (таблица 6).

Таблица 6 – Расчетные мощность электроприемников предприятия

№ цеха	Наименование цеха	$P_{p.n}$, кВт	$P_{p.o}$, кВт	$Q_{p.n}$, квар	$Q_{p.o}$, квар	P_p , кВт	Q_p , кВт	S_p , кВт·А
...								
	Освещение предприятия							
	Итого на стороне НН							
	Потери в трансформаторах ГПП							
	Итого на стороне ВН							

Полная расчетная мощность электроприемников низкого напряжения цеха, по которой выбирают шинопроводы, кабели, электрические аппараты:

$$S_{p.n} = \sqrt{(P_{p.n} + P_{p.o})^2 + (Q_{p.n} + Q_{p.o})^2}.$$

Расчетные полную $S_{p.ГПП}$, активную $P_{p.ГПП}$ и реактивную $Q_{p.ГПП}$ мощности предприятия, отнесенные к шинам $U = 6-10$ кВ ГПП, определяем по расчетным активным и реактивным нагрузкам всех цехов (как силовых – до и выше 1000 В – $P_{p.n}$, $P_{p.в}$, $Q_{p.n}$, $Q_{p.в}$, так и осветительных $P_{p.o}$ и $Q_{p.o}$) с учетом потерь мощности в цеховых трансформаторах ($\Delta P_{тц}$, $\Delta Q_{тц}$) и коэффициента разновременности максимумов K_{pm} силовых электроприемников:

$$P_{p.ГПП} = (\Sigma P_{p.n} + \Sigma P_{p.в}) K_{pm} + \Sigma P_{p.o} + \Sigma \Delta P_{тц} \text{ кВт},$$

$$Q_{p.ГПП} = (\Sigma Q_{p.n} + \Sigma Q_{p.в}) K_{pm} + \Sigma Q_{p.o} + \Sigma \Delta Q_{тц} \text{ квар},$$

где $K_{pm} = 0,95$ – коэффициент разновременности максимумов нагрузки отдельных групп приемников.

$$S_{p.ГПП} = \sqrt{P_{p.ГПП}^2 + Q_{p.ГПП}^2} \text{ кВт·А}.$$

Потери активной ΔP_l и реактивной ΔQ_l мощностей в кабелях РС ВН в предварительных расчетах не учитываем в виду их малости.

Для выбора линий питающей сети напряжением 35-110 кВ и трансформаторов ГПП необходимо определить расчетную мощность на шинах высшего напряжения 35-110 кВ ГПП.

Эта мощность отличается от мощности $S_{p.ГПП}$ за счет потерь активной и реактивной мощностей в трансформаторах ГПП. Кроме этого, реактивная мощность на вводах трансформаторов ГПП к сборным шинам РУ 6-10 кВ не будет равна расчетной реактивной мощности $Q_{p.ГПП}$ предприятия, а снизится до значения $Q_{\Sigma 1} = Q_{p.ГПП} - Q_{вкб} - Q_{p.сд}$. Согласно «Указаний по компенсации реактивной мощности» значение $Q_{\Sigma 1}$ каждому предприятию задает энергосистема. В курсовом проекте это задание принимаем в виде:

$$Q_{\varphi 1} = \operatorname{tg} \varphi_{\varphi 1} P_{p, ГПП} \text{ квар},$$

где $\operatorname{tg} \varphi_{\varphi 1} = 0,328$ – экономически целесообразное значение коэффициента реактивной мощности на шинах 6-10 кВ РУ ГПП, соответствующее $\cos \varphi_{\varphi 1} = 0,95$.

Т.к. на данном этапе трансформаторы ГПП еще не выбраны, то потери мощности в них приближенно определяют по формулам:

$$\Delta P_{m, ГПП} = 0,02 S_{p1, ГПП} \text{ кВт},$$

$$\Delta Q_{m, ГПП} = 0,1 S_{p1, ГПП} \text{ квар},$$

где $S_{p1, ГПП} = \sqrt{P_{p, ГПП}^2 + Q_{\varphi 1}^2}$ кВ·А – полная расчетная мощность, отнесенная к сборным шинам 6-10 кВ РУ ГПП с учетом компенсации реактивной мощности.

Тогда полная расчетная мощность на шинах высшего напряжения 35-110 кВ ГПП:

$$S_{p.n} = \sqrt{P_{p.n}^2 + Q_{p.n}^2} = \sqrt{(P_{p, ГПП} + \Delta P_{m, ГПП})^2 + (Q_{p, ГПП} + \Delta Q_{m, ГПП})^2} \text{ кВ·А}.$$

Выбор места расположения ГПП (ПГВ)

Для определения местоположения ГПП (ПГВ) на генплан предприятия наносится картограмма электрических нагрузок. Она представляет собой размещенные на генплане круги, площади которых в выбранном масштабе равны расчетным мощностям цехов, т.е.

$$P_{p,i} = \pi R_i^2 m, \text{ кВт},$$

откуда радиус окружности (мм)

$$R_i = \sqrt{\frac{P_{p,i}}{\pi m}},$$

где $P_{p,i}$ – расчетная активная мощность i -го цеха, кВт;

m – масштаб мощности, принимается исходя из удобства геометрического построения.

Для каждого цеха наносится своя окружность. Каждый круг имеет заштрихованный сектор, соответствующий по площади осветительной нагрузке.

Картограмма активных нагрузок цехов предприятия позволяет найти центр электрических нагрузок (ЦЭН) всего предприятия. Координаты ЦЭН можно определить по формулам

$$X_0 = \frac{\sum P_{p,i} X_i}{\sum P_{p,i}}, \quad Y_0 = \frac{\sum P_{p,i} Y_i}{\sum P_{p,i}},$$

где X_i, Y_i – координаты центров нагрузок отдельных цехов, м.

Результаты расчета оформляем в виде таблицы 7.

Таблица 7 – Выбор месторасположения ГПП

№ цеха	Наименование цеха	P_p , кВт	X , м	Y , м	$P_p \cdot X$, кВт·м	$P_p \cdot Y$, кВт·м	R , мм
...							
	Итого		—	—			—

Получаем X_0 , м; Y_0 , м.

Пример картограммы активных нагрузок цехов предприятия приведена на рисунке 2.

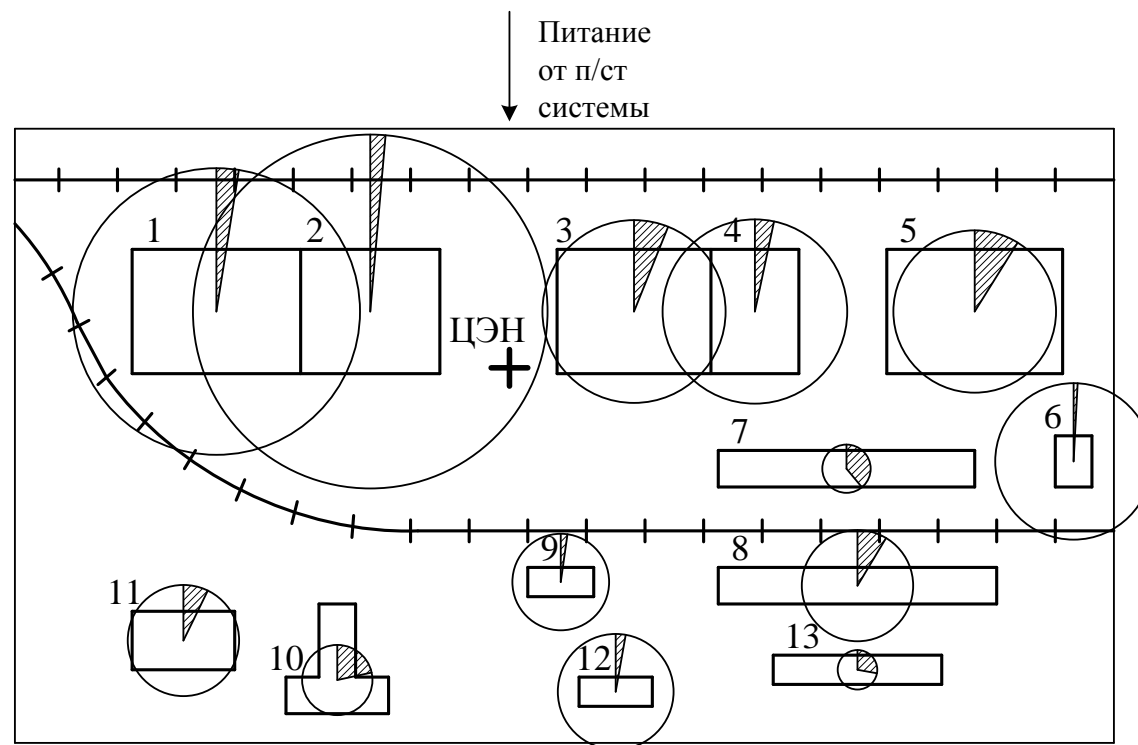


Рис. 3. Картограмма активных нагрузок цехов предприятия.

Выбор номинального напряжения и схемы внешнего электроснабжения

При выполнении расчетов целесообразно к системе внешнего электроснабжения отнести трансформаторы, установленные на подстанции энергосистемы, а также питающие линии вместе с коммутационно-защитной аппаратурой, установленной в начале линии.

Т.к. на предприятии имеются потребители первой и второй категорий надежности, то предусматриваем сооружение двух питающих линий.

Выбор напряжений для питающих линий до ГПП предприятия выполняем следующим образом.

Для определения рационального напряжения вычисляем нестандартное напряжение, соответствующее расчетным данным. Расчет выполняем по формуле Стилла:

$$U_{рац} = 4,34\sqrt{L + 0,016P}, \text{ кВ},$$

где L – длина линии, км;

P – передаваемая мощность, кВт. Принимается равной расчетной активной нагрузке предприятия $P_{р.п.}$.

Для технико-экономического сравнения из напряжений, имеющих на подстанции энергосистемы, выбираем одно выше и одно ниже $U_{рац}$.

Далее определяем технико-экономические показатели.

1. Капитальные затраты.

Они складываются из стоимости K_e выключателей вместе с их установкой в ОРУ подстанции энергосистемы и стоимости K_n воздушных линий (ВЛ):

$$K = K_e + K_n, \text{ тыс. руб.}$$

В курсовом проекте выключатели, устанавливаемые на подстанции энергосистемы, выбираем по условиям продолжительного режима без проверки по условиям короткого замыкания (КЗ).

Предварительно площадь сечения проводов ВЛ $U=35-110$ кВ определяем по методу экономических интервалов [3]. Для этого вычисляем:

$$\sqrt{\sigma} = \sqrt{\frac{E_n + p}{\tau c}}, (\text{кВт/руб})^{1/2},$$

где E_n – нормативный коэффициент эффективности, $E_n = 0,12$;

p – коэффициент отчислений на амортизацию, о.е./год;

τ – время максимальных потерь ч/год; для графиков нагрузок типовой формы величина τ определяется по эмпирической формуле:

$$\tau = \tau_q = \left(0,124 + \frac{T_M}{10000} \right)^2 \cdot 8760 \text{ ч.}$$

максимальный ток линии (А):

$$I_{\max} = \frac{S_{p.л}}{\sqrt{3}U_{ном}} = 2I_p,$$

после чего по номограммам экономических интервалов [3] определяем экономическое сечение питающих линий.

Далее выбранные провода проверяем:

а) по условиям коронирования (для линии 110 кВ и выше).

Для удовлетворения этого условия площадь сечения проводов должна быть не меньше минимальной для данного напряжения (таблица П.5.5 [3]).

б) по условиям нагрева в нормальном и послеаварийном режимах.

Проверяем выполнение условий

$$I_p \leq I_{дон} \text{ и } I_{\max} \leq I_{дон}.$$

2. Годовые эксплуатационные расходы.

В них входят:

а) стоимость потерь электроэнергии в линиях (тыс. руб./год)

$$I_{\Delta W} = c_3 \Delta W_{л},$$

где $\Delta W_{л}$ – потери электроэнергии в линиях, тыс. кВт·ч/год;

$$\Delta W_{л} = n \Delta P_{ном} K_3^2 L \tau / 1000,$$

где n – число питающих линий;

$\Delta P_{ном}$ – потери мощности в линии при длительно допустимой токовой нагрузке, кВт/км (табл. П4.2 и П4.4 [1]);

$K_3 = I_p / I_{дон}$ – коэффициент загрузки линии.

б) стоимость амортизационных отчислений на линии (тыс. руб./год)

$$I_{л} = p_{a.л} K_{л},$$

где $p_{a.л}$ – норма амортизационных отчислений для воздушных линий (табл. П.5.27 [3]).

в) стоимость амортизационных отчислений на выключатели (тыс. руб./год)

$$I_{е} = p_{a.е} K_{е},$$

где $p_{a.е}$ – норма амортизационных отчислений для силового оборудования (табл. П.5.27 [3]).

Стоимость расходов на обслуживание и ремонт оборудования не учитываем, т.к. эти составляющие изменяются в рассматриваемых вариантах незначительно.

Таким образом

$$I = I_{\Delta W} + I_{л} + I_{е}, \text{ тыс. руб./год.}$$

Они определяются по формуле:

Полученные результаты по обоим вариантам заносим в таблицу 8.

[illegible]

Выбор числа и мощности силовых трансформаторов ГПП

Для потребителей 1-й и 2-й категории принимают двухтрансформаторные ПС. Однотрансформаторные ТП используют, как правило, при нагрузках допускающих длительный перерыв питания.

Выбор мощности трансформаторов осуществляем в следующем порядке.

Определяем коэффициент загрузки в нормальном режиме:

$$K_{\text{зг}} = \frac{S_{\text{ср}}}{S_{\text{max}}} = \frac{T_M}{T_{\Gamma}}$$

По значениям $K_{\text{зг}}$ и t_M определяем коэффициент допустимой систематической перегрузки $K_{\text{дп}}$ в нормальном режиме.

Выбираем номинальную мощность трансформаторов:

$$S_{\text{ном}} = \frac{S_{\text{max}}}{2K_{\text{дп}}} \text{ кВ}\cdot\text{А},$$

где $S_{\text{max}} = \sqrt{P_{\text{р.н}}^2 + Q_{\text{э1}}^2}$ кВ·А – расчетный получасовой максимум полной мощности.

Намечаем два варианта мощности $S_{\text{ном1}}$ и $S_{\text{ном2}}$, ближайшие к расчетному, трансформаторов и для каждого из них определяем:

– коэффициент загрузки в нормальном режиме в период максимума нагрузки

$$\beta_{\text{норм1}} = \frac{S_{\text{max}}}{2S_{\text{ном1}}},$$

$$\beta_{\text{норм2}} = \frac{S_{\text{max}}}{2S_{\text{ном2}}}$$

– коэффициент загрузки в послеаварийном режиме в период максимума нагрузки с учетом возможного отключения электроприемников третьей категории

$$\beta_{\text{ав1}} = \frac{S_{\text{max}} k_{(1+2)}}{S_{\text{ном1}}} = \frac{S_{\text{max.ав}}}{S_{\text{ном1}}},$$

$$\beta_{\text{ав2}} = \frac{S_{\text{max}} k_{(1+2)}}{S_{\text{ном2}}} = \frac{S_{\text{max.ав}}}{S_{\text{ном2}}},$$

где $k_{(1+2)}$ – доля электроприемников первой и второй категорий в максимуме суммарной нагрузки

$$k_{(1+2)} = \frac{S_{\text{max}(1+2)}}{S_{\text{max}}} = \frac{S_{\text{max}} - S_{\text{max}(3)}}{S_{\text{max}}}$$

Данные намеченных трансформаторов приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры выбираемых трансформаторов

Тип трансформатора	Потери, кВт		u_K , %	I_x , %	Цена, тыс. руб.
	P_x	P_K			
Напряжение U1 кВ (вариант 1)					
(1)					
(2)					
Напряжение U2 кВ (вариант 2)					
(3)					
(4)					

Далее определяем приведенные затраты Z_m для всех вариантов. Для этого последовательно находим:

– капитальные затраты K на приобретение и установку электрооборудования:

$$K = K_m + K_{pz} + K_{кз}, \text{ тыс. руб.},$$

где K_m , K_{pz} , $K_{кз}$ – капитальные затраты соответственно на трансформаторы (таблицы 3.5 и 3.6 [4]), разъединители (таблица 5.5 [4]), короткозамыкатели (таблица 5.6 [4]);

– эксплуатационные расходы $I = I_{\Delta W, m} + I_a$, тыс. руб./год,

где $I_{\Delta W, m} = c_{\Delta} \Delta W_m$ – стоимость потерь электроэнергии в трансформаторах (тыс. руб./год);

где ΔW_m – годовые потери электроэнергии в трансформаторах, тыс. кВт·ч/год;

$$\Delta W_m = NP_x T_{\Gamma} + \frac{1}{N} P_k \frac{S_{\max}^2}{S_{ном.м}^2} \tau;$$

I_a – стоимость амортизационных отчислений на электрооборудование (тыс. руб./год)

$$I_a = p_a K,$$

где p_a – норма амортизационных отчислений для силового оборудования (табл. П.5.27 [3]).

– приведенные затраты $Z = E_n K + I$, тыс. руб./год.

Результаты расчетов сведены в таблицу 10.

Таблица 10 – Технико-экономическое сравнение вариантов трансформаторов ГПП

(1)	Трансформатор
(2)	Разъединитель
(3)	Отделитель
(4)	Короткозамыкатель
	Капитальные затраты на трансформаторы, K_m , тыс. руб.
	Капитальные затраты на разъединители, K_{pz} , тыс. руб.
	Капитальные затраты на отделители, K_{kz} , тыс. руб.
	Капитальные затраты на короткозамыкатели, K_{kz} , тыс. руб.
	Капитальные затраты, K , тыс. руб.
	Потери электроэнергии, тыс. Вт·ч/год
	Стоимость потерь электроэнергии, $I_{\Delta W, m}$, тыс. руб./год
	Амортизационные отчисления, I_a , тыс. руб./год
	Эксплуатационные расходы, I , тыс. руб./год
	Приведенные затраты, $З$, тыс. руб./год

Выбор числа и мощности цеховых трансформаторов с учетом компенсации реактивной мощности

1. Принципы выбора мощности трансформаторов.

Ориентировочно этот выбор может производиться по удельной плотности нагрузки:

$$\sigma_{уд} = S_{см} / F_{ц}, \text{ кВ}\cdot\text{А}/\text{м}^2,$$

где $S_{см}$ – полная расчетная нагрузка (среднее значение) цеха, кВ·А;

$$S_{см} = K_{зс} S_p;$$

$F_{ц}$ – площадь цеха по генплану, м².

При этом полагаем, что электроприемники равномерно распределены по площади цеха.

В зависимости от полученных значений $\sigma_{уд}$ принимаем экономически целесообразные значения номинальной мощности трансформаторов $S_{ном}$. Таким образом, для цехов с разными удельными плотностями нагрузки могут быть приняты разные номинальные мощности трансформаторов. Однако, число типоразмеров трансформаторов, применяемых на предприятии, следует ограничить до 1-2, т.к. большое их разнообразие создает неудобство в эксплуатации и дополнительные трудности в резервировании и взаимозаменяемости. Поэтому выделяем цехи с большой плотностью нагрузки и для них выбираем трансформаторы большей мощности, чем для остальной части комбината. В этом случае близкорасположенные цехи с нагрузкой <1000 кВ·А целесообразно подключать к общей ТП.

2. Выбор числа цеховых трансформаторов.

При выбранной единичной мощности цеховых трансформаторов число их в целом по предприятию зависит от степени компенсации реактивной мощности в сетях напряжением ниже 1000 В и допустимых перегрузок в нормальном и послеаварийном режимах.

К сетям НН подключается большое число потребителей реактивной мощности (РМ). Источниками РМ в этих сетях являются синхронные двигатели и конденсаторные батареи, а недостающая часть покрывается перетоком РМ из сети ВН 10 кВ. Этот переток экономически целесообразно осуществлять только в пределах загрузки трансформаторов, не превышающего принятого в ГОСТе нормативного коэффициента загрузки $\beta_{ном.т}$, т.к. трансформаторы стоят дороже, чем конденсаторы. В этом случае выбор числа цеховых трансформаторов напряжением 10 кВ и оптимальной мощности конденсаторных батарей напряжением ниже 1000 В производится одновременно.

Предварительно принимаем минимально возможное число N_0 цеховых трансформаторов, исходя из предположения, что в сети НН будет осуществлена полная компенсация РМ, т.е. до $\cos\varphi_{нн} = 1$, а, следовательно, $S_{см} = P_{см}$:

$$N_0 = \frac{P_{см}}{\beta_{ном.т} S_{ном}},$$

где $P_{см}$ – средняя суммарная активная мощность приемников цеха за наиболее загруженную смену с учетом освещения, кВт;

$\beta_{\text{норм.т}}$ – нормативный коэффициент загрузки цеховых ТП. Значение коэффициента загрузки определяется из условия взаимного резервирования трансформаторов в послеаварийном режиме с учетом допустимой перегрузки оставшегося в работе трансформатора.

$\beta_{\text{норм.т}} = 0,65-0,7$ – для преобладающих приемников 1-й категории;

$\beta_{\text{норм.т}} = 0,7-0,8$ – для преобладающих приемников 2-й категории;

$\beta_{\text{норм.т}} = 0,9-0,95$ – для преобладающих приемников 3-й категории.

Выбор трансформаторов цеховых ТП выполняем по средней мощности $P_{\text{см}}$, а не получасовому максимуму $P_{\text{м30}}$, т.к. постоянная времени нагрева трансформаторов, в отличие от другого электрооборудования, составляет 2,5...3 ч, следовательно, интервал времени $3T$ в среднем равен продолжительности одной рабочей смены $T_{\text{см}}$.

Полученное значение N_0 округляем до ближайшего большего числа:

$$N = N_0 + \Delta N_m,$$

где ΔN_m – добавка до ближайшего целого числа.

Окончательное число трансформаторов определяется на основе технико-экономических расчетов. При отсутствии достоверных стоимостных показателей для практических расчетов допускается оптимальное число цеховых трансформаторов определять по формуле:

$$N_{\text{онм}} = N_{\text{мин}} + m_m,$$

где значение m_m принимается по специальным графикам в зависимости от $N_{\text{мин}}$ и ΔN_m (рис. 4.6 [1]).

При окончательном выборе числа цеховых трансформаторов в целом по предприятию принимаются во внимание следующие требования:

- необходимость обеспечения требований к надежности электроснабжения;
- длина КЛ напряжением ниже 1000 В не должна превышать 200 м;
- учет взаимного расположения трансформаторов и питающих линий напряжением 6-10 кВ на генплане предприятия.

Учитывая, что $N_{\text{онм}} > N_0$, фактический коэффициент загрузки трансформаторов β будет меньше нормативного, т.е. появляется возможность загружать цеховые трансформаторы реактивной мощностью, передаваемой из сети напряжения 6-10 кВ.

Наибольшую РМ, которую целесообразно передать через трансформаторы в сеть НН без превышения предусмотренного $\beta_{\text{норм.т}}$, определяется по формуле:

$$Q_{\text{макс,т}} = \sqrt{(N_{\text{онм}} \beta_{\text{норм.т}} S_{\text{ном}})^2 - P_{\text{см}}^2}, \text{ квар.}$$

Суммарная мощность конденсаторных батарей напряжением ниже 1000 В составит:

$$Q_{\text{НБК}} = Q_{\text{см}} - Q_{\text{макс,т}}, \text{ квар.}$$

Значение $Q_{\text{НБК}}$ уточняется при выборе стандартных комплектных батарей (ККУ) (Таблица 10.22 [4]). Если окажется, что $Q_{\text{НБК}} < 0$, то установка КУ на данной подстанции не требуется. Если же $Q_{\text{НБК}} > 0$, то необходимо проверить значение коэффициента мощности в сети НН:

$$\cos \varphi = \frac{P_{CM}}{\sqrt{P_{CM}^2 + (Q_{CM} - Q_{HБК})^2}}$$

Если это значение окажется ниже 0,95, то следует увеличить $Q_{НБК}$, исходя из условия $\cos\varphi_{см} \geq 0,95$. Это требования обусловлено стремлением снизить потери электроэнергии и обеспечить местное регулирование напряжения в сети НН.

Результаты расчетов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Выбор цеховых трансформаторов

[illegible]

Компенсация реактивной мощности (КРМ) в электрической сети напряжением 6-10 кВ

В курсовом проекте задача КРМ в сети напряжением 6-10 кВ сводится к определению экономически оптимальных значений реактивных мощностей, генерируемых синхронными двигателями (СД), конденсаторными батареями (БК) и источниками энергосистемы.

1. Определение стоимости потерь активной мощности.

Стоимость потерь 1 кВт активной мощности вычисляем по формуле:

$$c_0 = \delta(\alpha K_m + \beta \tau_q), \text{ руб./кВт},$$

Здесь δ – поправочный коэффициент, учитывающий затраты на расширение электрических сетей, вызванные возникновением в них потерь активной мощности;

$$\delta = 1 + 0,02 \Delta w_{p.c},$$

где $\Delta w_{p.c}$ – суммарные потери электроэнергии в процентах от электроэнергии, передаваемой по сетям от электростанций энергосистемы к предприятию; по данным института «Энергосетьпроект» для сетей напряжением 35-220 кВ $\Delta w_{p.c} = 5\%$;

Значения величин α (удельные затраты, обусловленные расширением электростанции системы для покрытия потерь активной мощности, руб./кВт) и β (удельные затраты на выработку электроэнергии и на расширение топливной базы, т.е. себестоимость электроэнергии на шинах электростанции, руб./(кВт·ч)) зависят от географического района страны, где расположено проектируемое предприятие. Для европейской части России $\alpha = 24,5$ руб./кВт и $\beta = 0,88$ коп/(кВт·ч).

Коэффициент K_m в курсовом проекте определяется как отношение:

$$K_m = \left(\frac{Q_{\varepsilon 1}}{Q_{p.гпп}} \right)^2,$$

где $Q_{\varepsilon 1}$ – наибольшая реактивная мощность, которая может быть передана в сеть предприятия энергосистемой в период максимума активной нагрузки,

$Q_{p.гпп}$ – расчётная реактивная нагрузка всего предприятия.

Годовое число часов использования потерь мощности от реактивных нагрузок τ_q , ч равно времени максимальных потерь τ , т.к. при проектировании СЭС график РМ $Q(t)$ предприятия считают подобным по форме графику активной мощности $P(t)$.

2. Определение затрат на генерацию РМ СД.

$Q_{ном} = P_{ном} \cdot \operatorname{tg} \varphi / \eta_{ном}$ – реактивная мощность, генерируемая СД.

С помощью СД можно генерировать от 0 до $Q_{ном}$ реактивной мощности в распределительной сети предприятия. Затратами на генерацию РМ СД можно пренебречь.

3. Определение затрат на генерацию РМ БК напряжением 6-10 кВ.

Величина расчетных затрат $Z_{БК}$ на установку и эксплуатацию БК определяется по формуле:

$$Z_{БК} = Z_{0,БК} + Z_{1,БК} Q_{БК}.$$

В курсовом проекте постоянную составляющую затрат $Z_{0,БК}$ принимаем равной 0.

Удельные затраты $Z_{1,БК}$ на 1 Мвар генерируемой мощности вычисляются по формуле:

$$Z_{1,БК} = EK_{y\partial} \left(\frac{U_{ном.БК}}{U_c} \right)^2 + c_0 \Delta P_{y\partial}, \text{ руб./квар},$$

где $K_{y\partial} = 6000$ руб./Мвар – удельная стоимость БК;

$\Delta P_{y\partial}$ – удельная мощность потерь энергии в конденсаторах; в курсовом проекте принимаем $\Delta P_{y\partial} = 2,3$ кВт/Мвар.

4. Определение затрат на генерацию РМ источниками энергосистемы.

В этом случае постоянная составляющая затрат $Z_{0,э} = 0$, т.к. присоединение проектируемого предприятия не вызывает реконструкции существующей сети энергосистемы.

Составляющая затрат $Z_{1,э}$ также равна 0, т.к. передача РМ от подстанции ЭЭС другим предприятиям по линиям к ГПП проектируемого предприятия отсутствует ($Q_{оп} = 0$).

Составляющая затрат $Z_{2,э}$ на передачу 1 Мвар² РМ определяется по формуле:

$$Z_{2,э} = c_0 \frac{R}{U_{ном.с}^2} 10^3, \text{ руб./Мвар}^2,$$

где $R = R_{л} + R_{т}$ – суммарное активное сопротивление питающей ВЛ и трансформатора ГПП, приведенное к напряжению $U_{ном.с} = 6-10$ кВ, Ом.

Для нахождения активного сопротивления питающей линии по табл. П4.1 [1] определяем погонное активное сопротивление R_0 , Ом/км. Тогда

$$R_{л} = R_0 L \frac{1}{n_m^2} = R_0 L \left(\frac{U_{ном.н}}{U_{ном.в}} \right)^2, \text{ Ом}.$$

Активное сопротивление трансформатора ГПП, отнесенное к номинальному напряжению $U_{ном.с} = 6-10$ кВ, определяется по выражению:

$$R_m = 1000 \frac{P_{\kappa} U_{ном.с}^2}{S_{ном}^2}, \text{ Ом.}$$

Результаты расчета составляющей затрат $З_{2,э}$, руб./Мвар², приведены в таблице 12.

Таблица 12 – Расчет затрат $З_{2,э}$ и оптимального значения РМ из энергосистемы

Трансформатор	$S_{ном},$ кВ·А	$U_{ном.н},$ кВ	$\Delta P_{\kappa},$ кВт	$R_{л},$ Ом	$R_m,$ Ом	$R,$ Ом	$З_{2,э},$ руб./Мвар ₂	$Q_{э,опт},$ квар
(1)								
(2)								
(3)								
(4)								

5. Определение оптимальных значений РМ источников.

После того, как определены составляющие затрат от всех имеющихся на предприятии ИРМ и энергосистемы, можно найти оптимальное распределение нагрузки между ними. Для определения оптимального участия каждого источника в покрытии реактивной нагрузки $Q_{p.ГПП}$ производится сравнение затрат на генерацию РМ каждым источником с затратами на установку дополнительной мощности БК:

$$Q_{э,опт} = \frac{З_{1,БК} - З_{1,э}}{2З_{2,э}}, \text{ квар.}$$

Полученное таким образом значение $Q_{э,опт}$ оптимальной РМ из системы сравнивается с тем ее значением $Q_{э1}$, которое было получено в разделе I. Для дальнейшего расчета принимаем меньшее из этих двух значений.

Результаты расчета $Q_{э,опт}$ – в таблице 9.

Мощность БК, которую следует установить на проектируемом предприятии (устанавливаем две секции БК), определяется из условия баланса:

$$Q_{БК} = \frac{Q_{p.ГПП}}{2} - \left(\frac{Q_{э,опт}}{2} + Q_{сД,опт} \right) \text{квар.}$$

Выбор схемы распределительной сети и электрических аппаратов напряжением 6-10 кВ

Внутризаводское распределение электроэнергии выполняется по радиальной, магистральной или смешанной схеме. Выбор схемы определяется категорией надежности потребителей их территориальным размещением, особенностями режимов работы.

а) На генплане предприятия указываем число и расположение цеховых ТП, а также источник электроэнергии – ГПП – вблизи ЦЭН. Для упрощения расчетов можно принять, что все цеховые сети НН выполнены из магистральных шинопроводов по схеме блока «трансформатор-магистраль», где питание отдельных электроприемников осуществляется от распределительных шинопроводов, отходящих от магистральных. Трансформаторные подстанции цехов типа КТП располагаем около стен цеха или на осевой линии. Число и мощность ТП остаются неизменными во всех вариантах схем. Поэтому при технико-экономическом сравнении вариантов схем в расчет включаем только те трансформаторы, номинальные напряжение и мощность которых изменяются.

б) Намечаем два варианта схемы распределительной сети, наиболее соответствующие принятому расположению и мощности цеховых ТП и источника электроэнергии. Например, в случае (рис. 3) при данном расположении цеховых подстанций очевидной является радиальная схема.

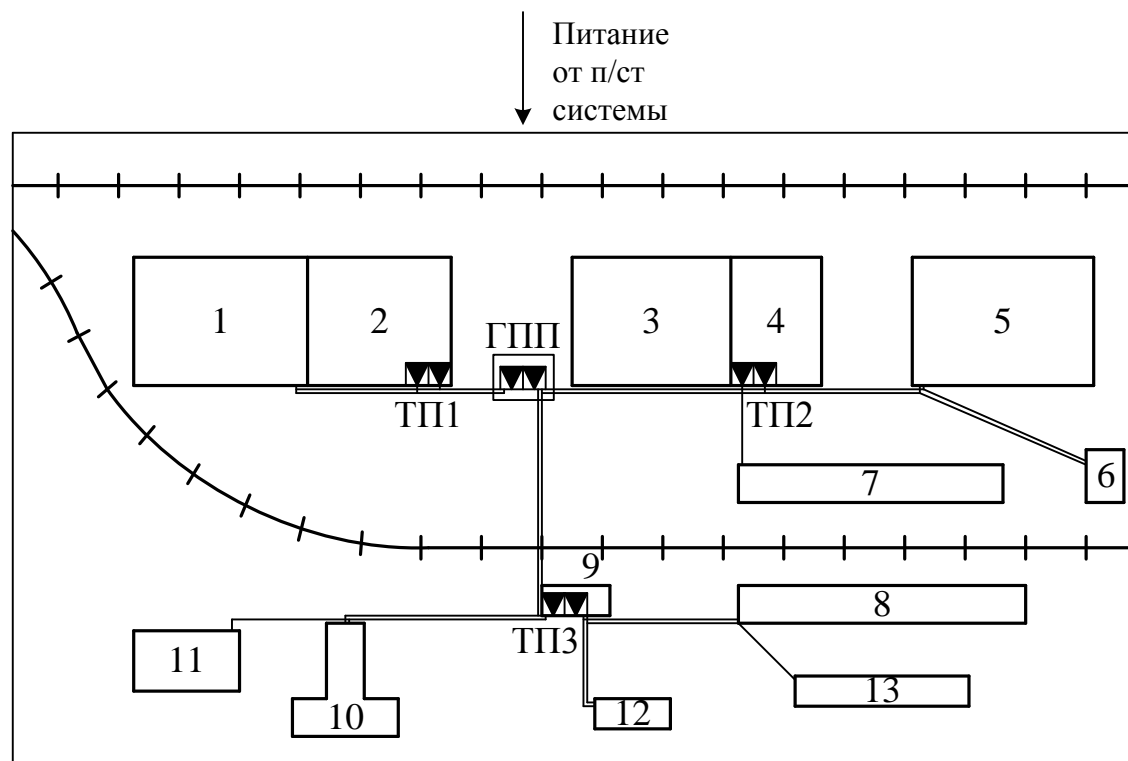


Рис. 4. Внутривзаводское электроснабжение комбината.

в) Выбор площади сечения жил кабелей РС ВН выполняем по экономической плотности тока. Далее выбранные кабели должны быть проверены по техническим условиям, к которым относят:

- продолжительный нагрев расчетным током как в нормальном ($I_{p, норм}$), так и в послеаварийном ($I_{p, ав}$) режимах;
- потеря напряжения в жилах кабелей в нормальном и послеаварийном режимах;
- кратковременный нагрев током КЗ (после расчета токов КЗ).

Технические и экономические условия приводят к различным сечениям для одной и той же линии. Окончательно выбираем сечение, удовлетворяющее всем требованиям.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 13.

Таблица 13 – Выбор площади сечения жил кабелей РС ВН

Линия	$I_{p.норм}, A$	$I_{p.ав}, A$	Площадь сечения, мм ²			Примечания
			по $J_{эк}$	по нагреву	принято	
ГПП-ТП1	124	249	3×120	3×95	3×120	отключение одной линии
ГПП-ТП2	67	134	3×70	3×35	3×70	отключение одной линии
ГПП-ТП3	32	63	3×35	3×16	3×35	отключение одной линии
...						

В качестве примера приводим полный расчет для выбора линии ГПП-ТП1.

1. Расчетные токи в нормальном и послеаварийном режимах:

$$I_{p.норм} = \frac{S_p}{2\sqrt{3}U_{ном}}; I_{p.ав} = 2I_{p.норм}$$

2. Экономическое сечение жил кабелей находим по формуле:

$$F_{эк} = \frac{I_{p.норм}}{J_{эк}}, \text{ мм}^2,$$

где $J_{эк}$ – экономическая плотность тока, зависящая от типа проводника (провод или кабель) и значения величины T_M ; в нашем случае $J_{эк} = 1,1$.

Рассчитанное значение площади сечения жил кабелей округляем до ближайшего стандартного (Таблица П.5.30 [3]).

3. Проверка кабелей на падение напряжения производится по формуле:

$$\Delta U_{\%} = \frac{P \cdot r + Q \cdot x}{U^2} \cdot 100\%$$

Допустимое отклонение напряжения на конце кабеля – 5%.

4. При проверке кабелей по условию длительного нагрева необходимо учесть, что для кабельных линий напряжением $U_{ном} \leq 10$ кВ возможны превышения длительно допустимого тока $I_{доп}$ при систематических перегрузках в нормальном режиме или авариях, если наибольший ток $I_{p.норм}$ предварительной нагрузки линии в нормальном режиме был не более 80% от тока $I_{доп}$, т.е.

$$0,8I_{доп} \geq I_{p.норм}.$$

Коэффициент предварительной нагрузки:

$$K_{nn} = \frac{I_{p.норм}}{I_{доп}} = \frac{124}{205} = 0,60.$$

Для данного значения K_{nn} и $t_M = 1$ ч по таблице 3.3 [1] находим коэффициент допустимой перегрузки в послеаварийном режиме $K_{ав} = 1,5$.

Проверка по условию длительного нагрева в послеаварийном режиме сводится к проверке выполнения условия:

$$K_{ав}I_{доп} \geq I_{p.ав}.$$

Принимаем большее сечение, выбранное по условию экономической плотности тока.

г) В определение технико-экономических показателей РС внутреннего электроснабжения входит вычисление значений следующих величин:

– капитальные затраты K , включающие в себя стоимость ячеек РУ с выключателями, а также стоимость КЛ:

$$K = \Sigma K_{\text{с}} + \Sigma K_{\text{л}}, \text{ тыс. руб.},$$

где $K_{\text{с}}$, $K_{\text{л}}$ – капитальные затраты соответственно на выключатели (таблица 5.1 [4]), и КЛ (таблица П4.8 [1]);

– эксплуатационные расходы $I = I_{\Delta W, \text{л}} + I_{\text{а.с}} + I_{\text{а.л}}$, тыс. руб./год,

где $I_{\Delta W, \text{л}} = c_{\text{э}} \Delta W_{\text{л}}$ – стоимость потерь электроэнергии в линиях (тыс. руб./год);

где $\Delta W_{\text{л}}$ – годовые потери электроэнергии в линиях, тыс. кВт·ч/год;

$$\Delta W_{\text{л}} = n \Delta P_{\text{ном}} K_{\text{с}}^2 l \tau / 1000,$$

$I_{\text{а.с}}$, $I_{\text{а.л}}$ – стоимость амортизационных отчислений на выключатели и линии (тыс. руб./год)

$$I_{\text{а}} = p_{\text{а}} K;$$

– приведенные затраты $Z = E_{\text{н}} K + I$, тыс. руб./год.

Результаты расчетов оформляем в виде таблицы 14.

Таблица 14 – Техничко-экономические показатели внутреннего электроснабжения

Наименование схемы	$\Sigma K_{\text{с}}$, тыс. руб.	$\Sigma K_{\text{л}}$, тыс. руб.	K , тыс. руб.	ΔW , тыс. кВт·ч/год	I , тыс. руб.	Z , тыс. руб./год

Выбор схемы цеховой распределительной сети и электрических аппаратов напряжением 0,4 кВ

Выбор внутрицеховой сети

При выборе схемы цеховой сети необходимо отдавать предпочтение магистральным схемам, дающим возможность отказа от громоздкого и дорогого распределительного устройства или щита. Сеть, выполненная по схеме блока "трансформатор-магистраль" с использованием комплектных магистральных и распределительных шинопроводов, обладает высокой надежностью и гибкостью.

Троллейные линии подключаются, как правило, к главным питающим магистралям или к шинам КТП. К питающим магистралям могут быть подключены отдельные в основном мощные электроприемники. Радиальные схемы питания сетей с распределительными устройствами или щитами применяются при наличии нескольких мощных потребителей, не связанных единым технологическим процессом или удаленных друг от друга настолько, что питание их по магистральной схеме нецелесообразно. Радиальные схемы находят применение в цехах с агрессивной или взрывоопасной средой. При этом все коммутационные аппараты располагаются в отдельных изолированных помещениях.

Цеховые сети выполняются шинопроводами, кабельными линиями и электропроводками. Определяющими факторами при выборе конструктивного исполнения сети являются: номинальный ток и напряжение электроприемников и их групп, расстояние от точки питания, условия окружающей среды, степень возгораемости строительных материалов и конструкций цеха.

Конструирование распределительной сети необходимо вести с учетом возможного числа присоединений к шкафу или шинопроводу (желательно предусмотреть в шкафах 10...15%-ный резерв), типа и номинальных параметров защитной аппаратуры, установленной в шкафах (номинальные токи предохранителей или автоматов). Следовательно, чтобы правильно выбрать необходимый номер схемы распределительного шкафа, необходимо рассчитать и выбрать аппараты защиты для всех электроприемников.

Выбор кабельных линий

Сечение проводов и жил кабелей цеховой сети выбираем по нагреву длительным расчетным током:

Ток в линиях находим по формуле:

$$I_p = \frac{S_p}{n \cdot \sqrt{3} \cdot U_H}, \quad \text{А}$$

где S_p – нагрузка на кабель.

Во всех случаях для проводника выбранной марки и сечения должно выполняться условие допустимого нагрева его расчетным током

$$I_{\text{доп}} \geq I_p.$$

где I_p – расчетный ток линии, А

Коэффициент загрузки линии: $K_3 = I_p / I_{\text{доп}}$

Определим нестандартное сечение провода:

$$F = \frac{Ii}{j_э}, \text{ мм}^2$$

где $j_э$ – экономическая плотность тока, $j_э = 1,4$

Результаты расчета в таблице 15.

Таблица 15 – Выбор кабелей в цехе

Участок	$I_p, \text{ А}$	$I_{\text{доп}}, \text{ А}$	$L, \text{ м}$	K_3	Способ прокладки	Марка кабеля	Сечение кабеля		
							По $F_{\text{эк}}$	По нагреву	Принято
...									

Выбор автоматических выключателей

Определяем номинальный ток двигателя:

$$I_{\text{ном}} = \frac{P_{\text{ном}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{ном}}},$$

где $P_{\text{ном}}$ – номинальная мощность двигателя, кВт,

$U_{\text{ном}}$ – номинальное линейное напряжение обмотки статора, В;

$\cos \varphi_{\text{ном}}$ – номинальный коэффициент мощности двигателя;

$\eta_{\text{ном}}$ – номинальный КПД двигателя;

Определяем пиковые нагрузки ответвлений к двигателям.

В качестве пиковой нагрузки от одного асинхронного двигателя принимают его пусковой ток

$$I_{\text{пик}} = I_{\text{пуск.дв}} = i_{\text{п}} \cdot I_{\text{ном.дв}},$$

где $I_{\text{пуск.дв}}$ – пусковой ток двигателя. А;

$I_{\text{ном.дв}}$ – номинальный ток двигателя, А;

$i_{\text{п}}$ – кратность пускового тока двигателя по отношению к номинальному.

Выполняем выбор выключателей исходя из следующих условий:

1. Номинальное напряжение выключателя должно соответствовать номинальному напряжению сети

$$U_{\text{ном.в}} \geq U_{\text{ном.с}} ,$$

где $U_{\text{ном.в}}$ – номинальное напряжение выключателя, В;

$U_{\text{ном.с}}$ – номинальное напряжение сети, В.

2. Номинальный ток выключателя должен быть равен или превышать расчетный ток ответвления

$$I_{\text{ном.в}} \geq I_{\text{р}} ,$$

где $I_{\text{ном.в}}$ – номинальный ток выключателя, А;

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

3. Номинальный ток расцепителя должен быть равен или превышать расчетный ток ответвления

$$I_{\text{ном.р}} \geq I_{\text{р}} ,$$

4. Ток срабатывания электромагнитного расцепителя должен превышать пусковой ток защищаемого двигателя

$$I_{\text{ср.э}} \geq k_{\text{н.о}} \cdot I_{\text{пуск.дв}} ,$$

где $I_{\text{ср.э}}$ – ток срабатывания электромагнитного расцепителя. А;

$k_{\text{н.о}}$ – коэффициент надежности отстройки электромагнитного расцепителя от пускового тока двигателя (для выключателей серии ВА $k_{\text{н.о}} = 2,1$).

5. Ток срабатывания теплового расцепителя должен превышать номинальный ток двигателя

$$I_{\text{ср.т}} = (1,2 \div 1,4) \cdot I_{\text{ном.дв}} ,$$

где $I_{\text{ср.т}}$ – ток срабатывания теплового расцепителя. А;

$I_{\text{ном.дв}}$ – номинальный ток двигателя, А.

Для выключателей питания распределительных щитов помимо условий, изложенных выше, учитываем дополнительные условия:

1. Несрабатывание токовой отсечки при полной нагрузке щита и пуске наиболее мощного электродвигателя

$$I_{\text{ср.о}} \geq k_{\text{н.о}} \cdot I_{\text{пик}},$$

где $I_{\text{ср.о}}$ – ток срабатывания отсечки выключателя, А;

$k_{\text{н.о}}$ – коэффициент надежности отстройки (для выключателей с полупроводниковым расцепителем серии ВА $k_{\text{н.о}} = 1,5$).

Для выключателей питания распределительных щитов помимо условий, изложенных выше, учитываем дополнительные условия:

2. Несрабатывание токовой отсечки при полной нагрузке щита и пуске наиболее мощного электродвигателя

$$I_{\text{ср.о}} \geq k_{\text{н.о}} \cdot I_{\text{пик}},$$

где $I_{\text{ср.о}}$ – ток срабатывания отсечки выключателя, А;

$k_{\text{н.о}}$ – коэффициент надежности отстройки (для выключателей с полупроводниковым расцепителем серии ВА $k_{\text{н.о}} = 1,5$).

Результаты оформляются в виде таблицы 16:

Таблица 16 – Выбор автоматических выключателей в цехе

Выключа- тель	Расчетные данные		Автоматический выключатель				
	I_p , А	$I_{\text{пик}}$, А	Тип	$I_{\text{ном.в.}}$, А	$I_{\text{ном.р.}}$, А	$I_{\text{ср.э.}}$, А	$I_{\text{ср.т.}}$, А
...							

Выбор рациональной системы электроснабжения предприятия

Выбор рационального варианта СЭС ПП в целом производится путем сравнения суммарных приведенных затрат по всей схеме при различных сочетаниях вариантов сетей внешнего и внутривозовского электроснабжения и трансформаторов электрических сетей.

Получив технико-экономические показатели всех трех частей СЭС, необходимо выбрать ту их комбинацию, при которой приведенные затраты на всю СЭС ПП будут минимальными.

Результаты расчетов оформляем в виде таблицы 17.

Таблица 17 – Техничко-экономические показатели вариантов СЭС комбината

Наименование схемы	U , кВ	K , тыс. руб.	$I_{\Delta W}$, тыс. руб.	I_a , тыс. руб.	I , тыс. руб.	Z , тыс. руб./год	ΔW , тыс. кВт·ч/год
1. Внешнее электроснабжение							
2. Трансформаторы ГПП							
3. Внутривозовское электроснабжение – радиальное							
4. Схема электроснабжения предприятия – радиальная							

Расчет токов КЗ

В курсовом проекте расчет токов КЗ производим в 2 точках:

- 1) на шинах РУ ГПП напряжением 6-10 кВ;
- 2) на шинах РУ НН трансформатора Цеха.

КЗ на шинах РУ ГПП напряжением 6-10 кВ.

Расчет производим в следующем порядке:

- составляем расчетную схему сети (рис. 4а);
- по ней составляем схему замещения (рис. 4б);
- определяем расчетную точку КЗ (точка К1);
- принимаем значение базисной мощности, равное источникам энерго-системы $S_{\bar{\sigma}} = S_{ном.с}$, МВ·А, а за соответствующие $U_{ср.н}$, например $U_{\bar{\sigma}1}$, $U_{\bar{\sigma}2}$. Тогда

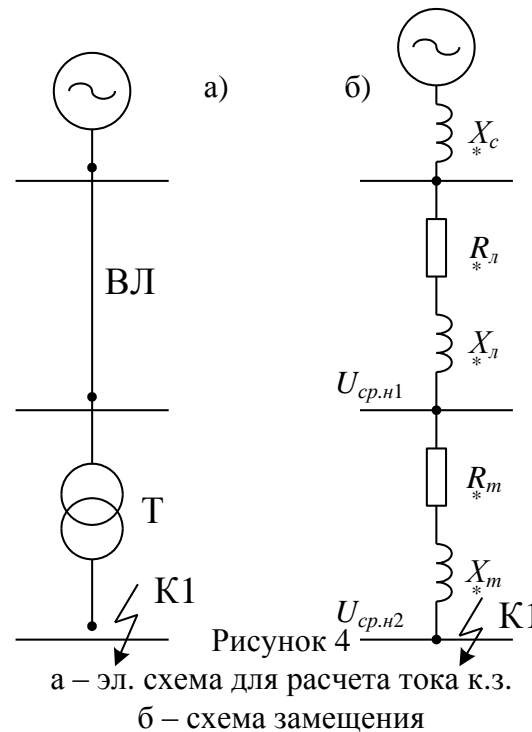
$$I_{\bar{\sigma}1} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{\sqrt{3}U_{\bar{\sigma}1}}, \text{ А}; \quad I_{\bar{\sigma}2} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{\sqrt{3}U_{\bar{\sigma}2}}, \text{ А};$$

- определяем относительные базисные

$$R_{*л(\bar{\sigma})} = R_0 L \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}1}^2},$$

$$X_{*л(\bar{\sigma})} = X_0 L \frac{S_{\bar{\sigma}}}{U_{\bar{\sigma}1}^2};$$

$$R_{*м(\bar{\sigma})} = P_{\kappa} \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{ном.т}^2},$$



значению номинальной мощности базисные напряжения каждой ступени базисные токи по закону Ома:

сопротивления всех элементов сети:

$$X_{*л(\bar{\sigma})} = \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_{ном.т}} \sqrt{\left(\frac{u_{\kappa}}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_{\kappa}}{S_{ном.т}}\right)^2};$$

Результирующие сопротивления короткозамкнутой цепи до точки К1:

$$\begin{aligned} R_{*рез(\delta)} &= R_{*л(\delta)} + R_{*м(\delta)}, \\ X_{*рез(\delta)} &= X_{*с(\delta)} + X_{*л(\delta)} + X_{*м(\delta)}, \\ Z_{*рез(\delta)} &= \sqrt{R_{*рез(\delta)}^2 + X_{*рез(\delta)}^2}; \end{aligned}$$

– определяем начальное действующее значение периодической составляющей тока КЗ:

$$I_{n0}^{(3)} = \frac{I_{\delta}}{Z_{*рез(\delta)}}, \text{ кА};$$

– т.к. $Z_{*рез(\delta)} = Z_{*расч(n)} \geq 3$, то КЗ рассматривается как удаленное, а действующее значение периодической составляющей тока КЗ $I_{n0}^{(3)} = I_{nt}^{(3)}$, кА;

– наибольшее начальное значение аperiodической составляющей тока КЗ принимаем равным амплитуде периодической составляющей тока в начальный момент КЗ:

$$i_{a0} = \sqrt{2} I_{n0}, \text{ кА};$$

– значение аperiodической составляющей тока КЗ в произвольный момент определяется по формуле:

$$i_{at} = i_{a0} e^{-t/T_a} = i_{a0} e^{-0,01/T_a},$$

где T_a – постоянная времени затухания аperiodической составляющей тока КЗ:

$$T_a = \frac{X_{*рез(\delta)}}{\omega R_{*рез(\delta)}}, \text{ с};$$

где $X_{рез}$ и $R_{рез}$ – суммарные реактивное и активное сопротивления до точки к.з.

– определяем ударный ток КЗ, кА:

$$i_{y0} = \sqrt{2} I_{n0} K_{y0},$$

где K_{y0} – ударный коэффициент:

$$K_{y0} = 1 + e^{\frac{-\pi/2 + \varphi_{\kappa}}{X_{*рез(\delta)}/R_{*рез(\delta)}}}, \text{ где } \varphi_{\kappa} = \arctg \frac{X_{*рез(\delta)}}{R_{*рез(\delta)}};$$

Расчет тока КЗ на шинах РУ НН трансформатора Цеха.

Расчет токов КЗ производим в именованных единицах. При этом параметры схемы замещения приводим к ступени напряжения сети, на которой находится расчетная точка КЗ (точка К2), а активные и индуктивные сопротивления всех элементов выражаем в мОм. При этом коэффициенты трансформации всех трансформаторов принимают равными отношению средних номинальных напряжений сетей, которые связывают эти трансформаторы.

В тех случаях, когда РС предприятия питается от энергосистемы через трансформаторы ГПП, обычно выполняется условие неизменности действующего значения периодической составляющей тока КЗ от системы:

$$I_{ntc}^{(3)} = I_{n0c}^{(3)} = const = \frac{U_{cp.n}}{\sqrt{3}Z_{pez}}, \text{ кА},$$

где $U_{cp.n}$ – номинальное напряжение сети, в которой произошло КЗ, В;

$Z_{pez} = \sqrt{R_{pez}^2 + X_{pez}^2}$ – полное результирующее сопротивление одной фазы короткозамкнутой цепи, мОм (расчетная и схема замещения цепи представлены на рис. 5).

На величину тока КЗ оказывают влияние только асинхронные двигатели мощностью более 100 кВт, если составляющей тока КЗ от АД можно пренебречь, то общий ток КЗ будет равен току КЗ от системы:

$$i_{\bar{e}} = i_{\bar{e}c}.$$

– результирующие активное и индуктивное сопротивления короткозамкнутой цепи:

$$R_{pez} = R_m + R_{вк} + R_l; \quad X_{pez} = X_u + X_m + X_{вк} + X_l, \text{ мОм},$$

где R_m и X_m – сопротивления трансформаторов, приведенные к ступени НН, мОм;

$R_{вк}$ и $X_{вк}$ – сопротивления автоматического выключателя (таблица XII [5]), мОм;

R_l и X_l – сопротивления линий, мОм;

X_u – сопротивление эквивалентного источника питания:

$$X_u = \frac{U_{cp.nn}}{\sqrt{3}I_{к.вн} U_{cp.вн}}, \text{ мОм};$$

ВЛ:

$$R_{вл} = R_0 L \left(\frac{U_{ср.осн}}{U_{ср.вл}} \right)^2, \text{ мОм};$$

$$X_{вл} = X_0 L \left(\frac{U_{ср.осн}}{U_{ср.вл}} \right)^2, \text{ мОм};$$

Трансформатор Т1:

$$u_{к.а} = P_{\kappa} / S_{н.м.т} \cdot 100 \%;$$

$$u_{к.р} = \sqrt{u_{\kappa}^2 - u_{к.а}^2}, \%;$$

$$R_{m1} = P_{\kappa} \left(\frac{U_{ср.осн}}{S_{н.м.т}} \right)^2, \text{ мОм};$$

$$X_{m1} = \frac{u_{к.р}}{100} \frac{U_{ср.осн}^2}{S_{н.м.т}}, \text{ мОм};$$

Тогда вычисляем результирующие сопротивления:

$$R_{рез}; X_{рез}; Z_{рез} = \sqrt{R_{рез}^2 + X_{рез}^2}, \text{ мОм};$$

– действующее значение периодической

$$I_{ntc}^{(3)} = I_{n0c}^{(3)} = \frac{400}{\sqrt{3} \cdot Z_{рез}}, \text{ кА};$$

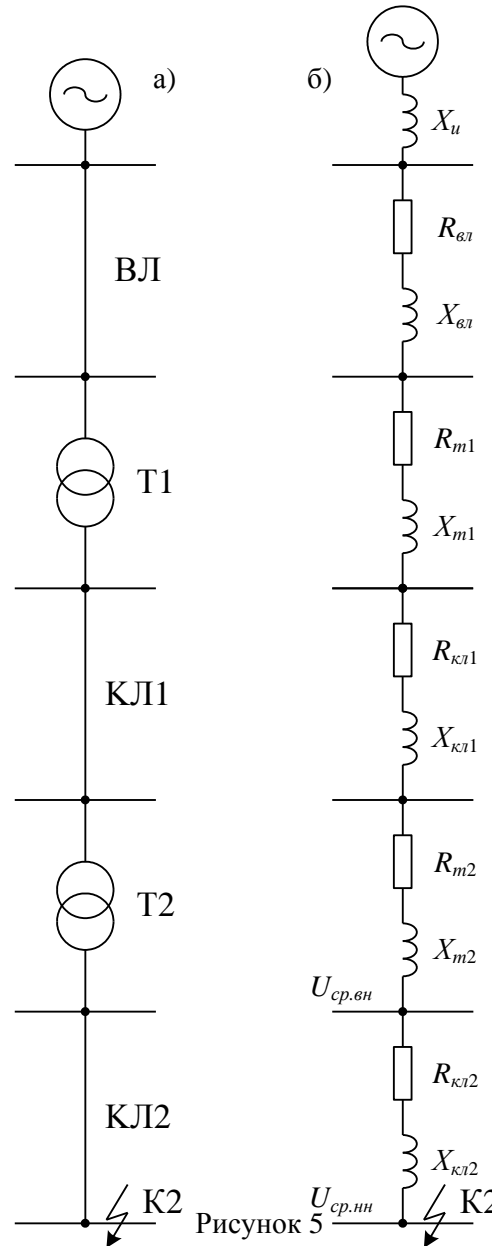
– наибольшее начальное значение аperiodической

$$i_{a0} = \sqrt{2} I_{n0}^{(3)}, \text{ кА};$$

– значение аperiodической составляющей тока КЗ в формуле:

$$i_{at} = i_{a0} e^{-t/T_a},$$

– определяем ударный ток КЗ, кА:



а – эл. схема для расчета тока к.з.

б – схема замещения

составляющей тока КЗ:

составляющей тока КЗ:

произвольный момент определяется по

$$i_{y\varnothing}=\sqrt{2}I_{n0}^{(3)}\Bigl(1+e^{-t_{y\varnothing}/T_a}\Bigr)=\sqrt{2}I_{n0}^{(3)}K_{y\varnothing}\,,$$

Проверка электрических аппаратов и проводников электрической сети по условиям КЗ

Проверке подлежат:

- вводной выключатель в РУ ГПП;
- линия 6-10 кВ одного присоединения (на термическую стойкость).

1. Проверка выключателей.

а) При проверке *коммутационной (отключающей) способности* учитывается изменение периодической и апериодической составляющих тока КЗ за расчетное время отключения выключателя $t_{откл}$. В первую очередь производится проверка на отключение периодической составляющей:

$$I_{nt_{откл}} \leq I_{откл.ном},$$

где $I_{откл.ном}$ – номинальный ток отключения.

Затем проверяется возможность отключения апериодической составляющей. При этом она не должна превышать своего номинального значения $i_{a.ном}$:

$$i_{at_{откл}} \leq i_{a.ном},$$

где $i_{a.ном} = \sqrt{2} \beta_{норм} I_{откл.ном} / 100$, кА;

б) Условие проверки на *термическую стойкость* зависит от соотношения между расчетной продолжительностью КЗ $t_{откл} = 0,08$ с и предельно допустимым временем $t_{терм} = 4$ с воздействия нормированного тока термической стойкости $I_{терм} = 16,5$ кА на выключатель. Т.к. $t_{откл} < t_{терм}$, то условие проверки имеет вид:

$$I_{терм}^2 t_{откл} \geq B_k,$$

где B_k – интеграл Джоуля с пределами интегрирования 0 и $t_{откл}$:

$$B_k = I_{n0}^2 (t_{откл} + T_a), \text{ кА}^2 \cdot \text{с};$$

в) *Электродинамическая стойкость* выключателя будет обеспечена, если выполняются условия:

$$i_{пр.скв} \geq i_{уд} \text{ и } I_{пр.скв} \geq I_{n0},$$

где $i_{пр.скв}$ – наибольший пик предельного сквозного тока;

$I_{пр.скв}$ – начальное действующее значение периодической составляющей предельного сквозного тока.

2. Проверка КЛ на термическую стойкость.

Данная проверка сводится к выполнению условия:

$$F \geq F_{\min \text{ КЗ}},$$

где F – площадь выбранных кабелей, мм²;

$F_{\min K3}$ – минимальная площадь сечения, допустимая по условию термической стойкости, мм²;

$$F_{\min K3} = \sqrt{B_{\kappa}} / c_m,$$

где $c_m = 85 \text{ А} \cdot \text{с}^{1/2} / \text{мм}^2$ – коэффициент для кабелей с бумажной пропитанной изоляцией;

$B_{\kappa} = I_{n0}^2 (t_{откл} + T_a)$ – интеграл Джоуля.

1 Задание к курсовому проекту

Исходными данными для выполнения курсового проекта являются генплан завода, план цеха и электрические нагрузки. Выбор номера задания производится по сумме двух последних цифр зачетной книжки, а вариант по году поступления: вариант А – четный год поступления, вариант Б – нечетный год поступления. Для зачетной книжки, оканчивающейся цифрами 00 предусмотрено задание 19.

Для заданных трех цехов произвести светотехнический и электротехнический расчеты электроосветительной установки. Выполнить следующие мероприятия: выбрать тип источника света; выбрать тип и систему освещения; выбрать освещенность и коэффициент запаса; выбрать тип светильника; произвести размещение светильников; рассчитать осветительную установку по методу коэффициента использования светового потока; проверить расчет освещения по методу удельной мощности; проверить расчет освещения по точечному методу; выбрать тип и место установки щитков, марку и способы прокладки проводников; рассчитать защиту и произвести выбор защитных аппаратов осветительной сети; начертить план цеха с осветительной сетью с указанием: уровня нормируемой освещенности; типа светильника и щитка; мощности лампы; марки проводников.

Для всего завода произвести расчет силовых электрических и осветительных нагрузок. Выбрать тип и количество цеховых трансформаторов, произвести компенсацию реактивной мощности на 0,4 и 6-10 кВ. Рассчитать электрические нагрузки на шинах 6-10 кВ. Для цеха произвести расчет электрических нагрузок по методу упорядоченных диаграмм, выбрать типы силовых щитов, рассчитать и выбрать питающие линии к силовым щитам и отдельным электроприёмникам, выбрать защитную аппаратуру.

Задание № 1

Тема: «Электроснабжение судостроительного завода».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 1).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание завода может быть осуществлено от ТЭЦ, на которой работают 4 турбогенератора по 100 МВА с АРН. Генераторы работают параллельно. Напряжение 10,5 кВ. На ТЭЦ имеется повысительная подстанция с двумя трансформаторами мощностью 25 МВА напряжением 10,5/115 кВ.
4. Расстояние от ТЭЦ до завода 6,5 км.
5. Завод работает в две смены, а насосная станция – круглосуточно.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1*	Механический цех	150	1-70	2800	180	1-75	3000
2	Литейный цех:						
	а) 0,4 кВ	100	5-80	2100	120	5-90	2400
	б) ДСП 12т	2	по каталогу		2	по каталогу	
3	Модельный цех	25	1-50	450	30	1-50	520

4	Малярный цех	30	2-20	280	35	5-30	330
5	Лесозавод	50	5-80	1250	60	5-80	2000
6	Водо-насосная станция						
	а) 0,4 кВ	10	5-20	200	12	5-20	220
	б) СД 10 кВ	4	2000	8000	4	1250	5000
7	Компрессорная станция	10	10-250	1400	14	10-200	1550
8	Электромеханический цех	50	1-50	700	60	1-60	800
9	Кузнечно-прессовый цех	30	1-45	500	38	1-60	650
10*	Заводоуправление, столовая	30	1-40	320	25	1-50	300
11*	Котельная	50	1-100	500	55	1-90	600

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

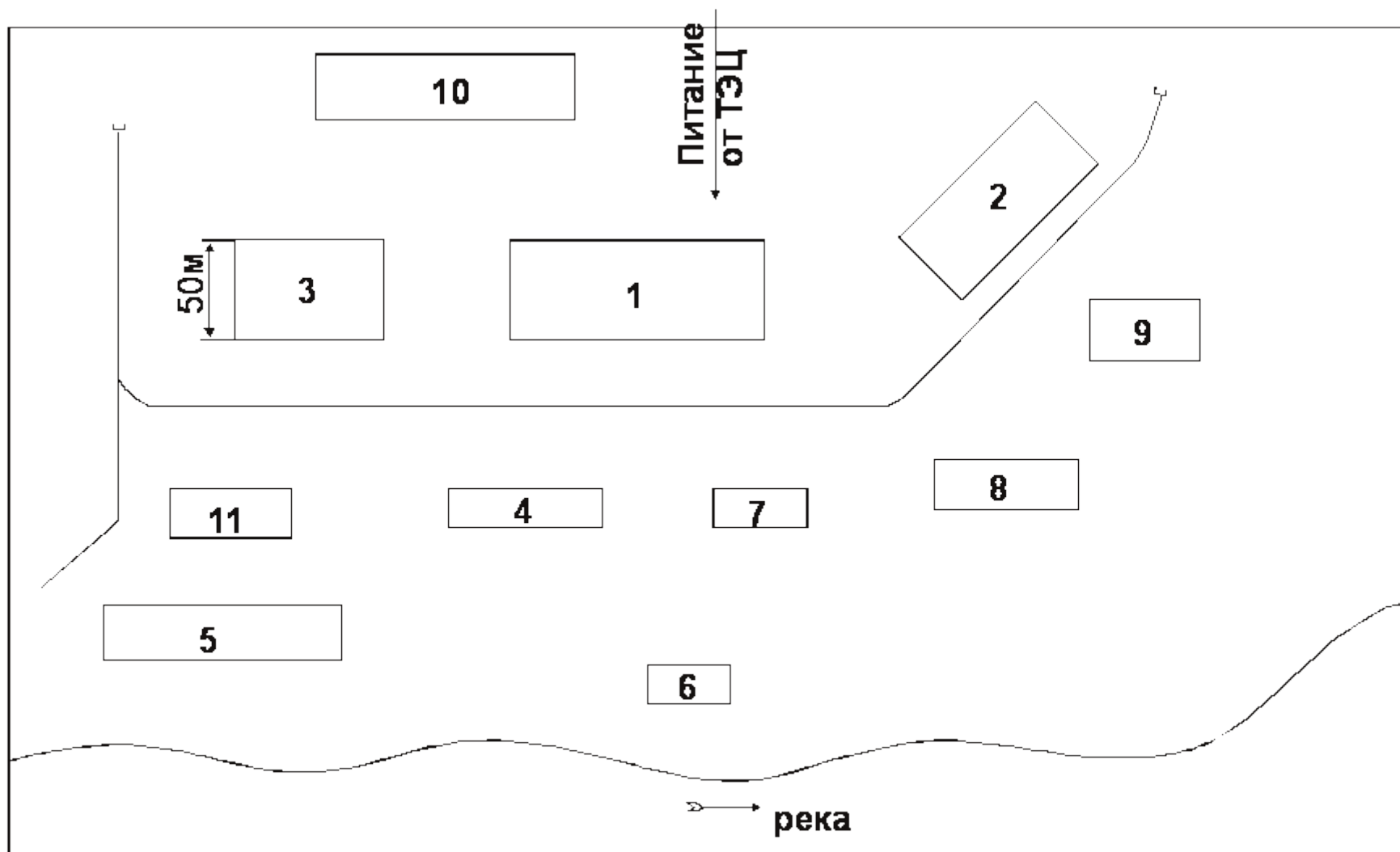


Рисунок 1 - Генплан к заданию № 1

Задание № 2

Тема: «Электроснабжение деревообрабатывающего комбината».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана комбината (рисунок 2).
2. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 500 МВА, на которой установлены два параллельно работающих трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/6,3 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1200 МВА.
3. Сведения об электрических нагрузках по цехам комбината.
4. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 3,5 км.
5. Комбинат работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P _н	Σ P _н		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
1*	Лесопильный завод	80	1-125	2500	90	1-110	2300
2	Сушильный цех	50	10-80	950	55	10-80	1000
3*	Биржа сырья	30	10-40	700	32	8-40	720

4	Цех оконных рам и дверей	100	1-40	1100	110	1-35	1200
5	Цех половых досок	50	1-80	900	60	1-70	920
6	Столярный цех №1	50	1-70	1000	52	1-60	970
7	Столярный цех №2	60	1-50	1100	65	1-55	1200
8	Мебельный цех	30	1-30	450	32	1-27	480
9	Цех прессованных плит	60	1-40	1700	65	1-45	1800
10	Материальный склад	10	1-20	100	12	1-15	120
11	Компрессорная:						
	а) 0,4 кВ	8	10-30	150	12	10-20	320
	б) СД 6 кВ	4	800	3200	4	630	2520
12	Механические мастерские	50	1-30	900	48	1-25	800
13*	Административный корпус, столовая	50	1-40	340	45	1-30	400
14	Котельная	40	1-80	480	35	1-70	500
15	Автогараж	30	1-20	150	35	1-25	200

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

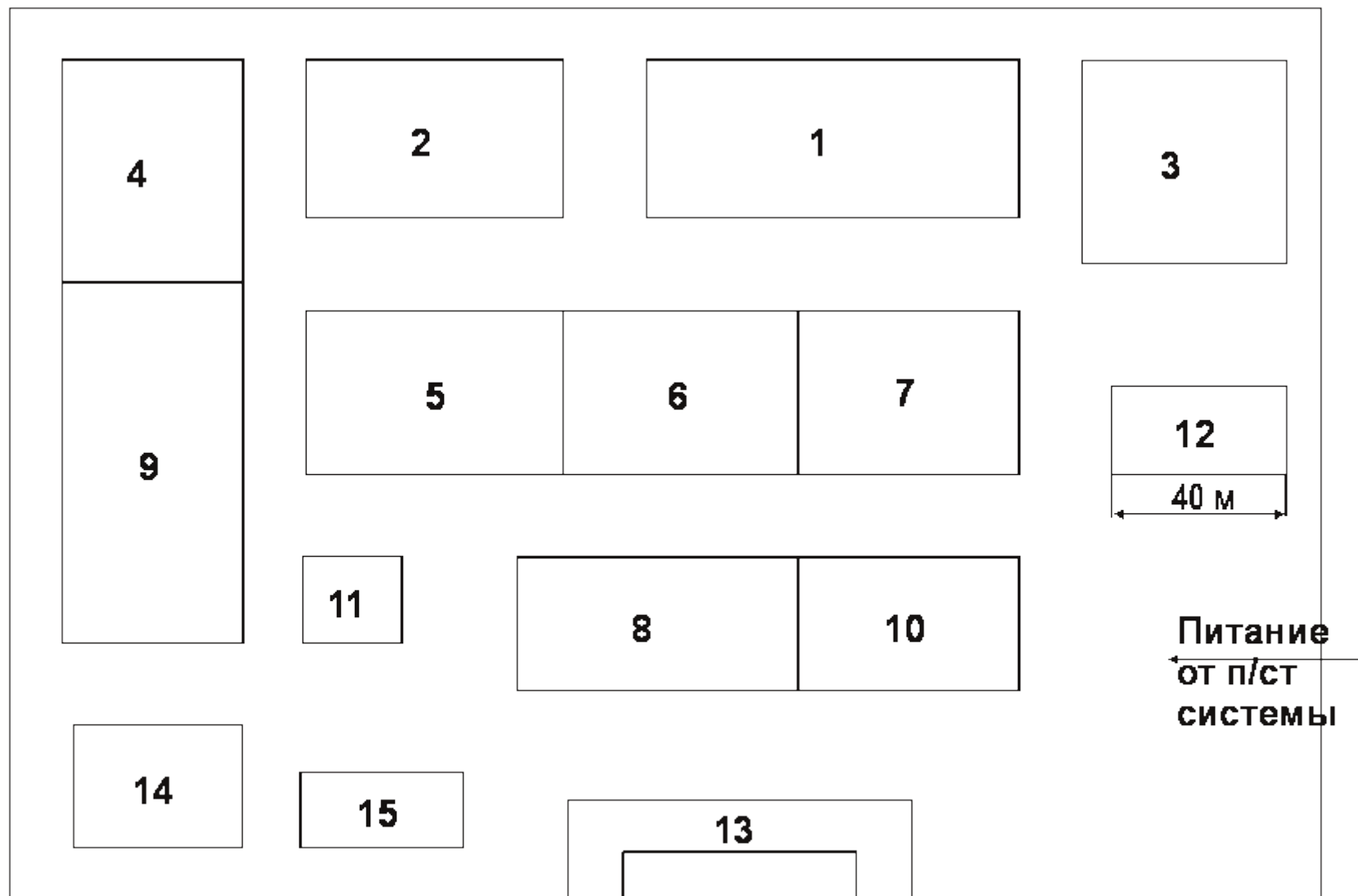


Рисунок 2 - Генплан к заданию № 2

Задание № 3

Тема: «Электроснабжение дизелестроительного завода».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 3).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37кВ. Мощность к.з. на стороне 230 кВ равна 1800 МВА. Трансформаторы работают отдельно.
4. Расстояние от энергосистемы до завода 25 км.
5. Завод работает в три смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Штамповочный цех	100	5-120	2500	80	5-100	2200
2	Арматурный цех	120	1-50	1800	120	2-70	1900
3	Механический цех №1	150	1-100	2100	160	1-95	2200
4	Механический цех №2	20	1-30	200	26	1-35	300
5*	Сборочный цех	50	1-50	1100	52	2-48	1200

6	Кузнечнопрессовый цех	70	10-100	1700	65	10-90	1600
6а	Отделение кузнечно-прессового цеха:	42	5-175	600	40	5-150	550
7	Насосная						
	а) СД 10 кВ	4	1500	6000	4	1250	5000
	б) 0,4 кВ	10	10-80	400	12	8-70	400
8	Пожарное депо	6	5-20	50	8	5-20	70
9	Литейный цех:						
	а) ДСП 12т	2	по каталогу		2	по каталогу	
	б) 0,4 кВ	120	10-150	3500	100	5-120	3200
10*	Заводоуправление	60	1-28	900	50	1-30	1000
11	Склад	10	10-30	140	8	5-15	120
13*	Электроремонтный цех	25	1-40	450	30	1-50	500
14	Компрессорная						
	а) СД 10кВ	2	630	1260	2	500	1000
	б) 0,4 кВ	8	5-40	320	10	5-50	350

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

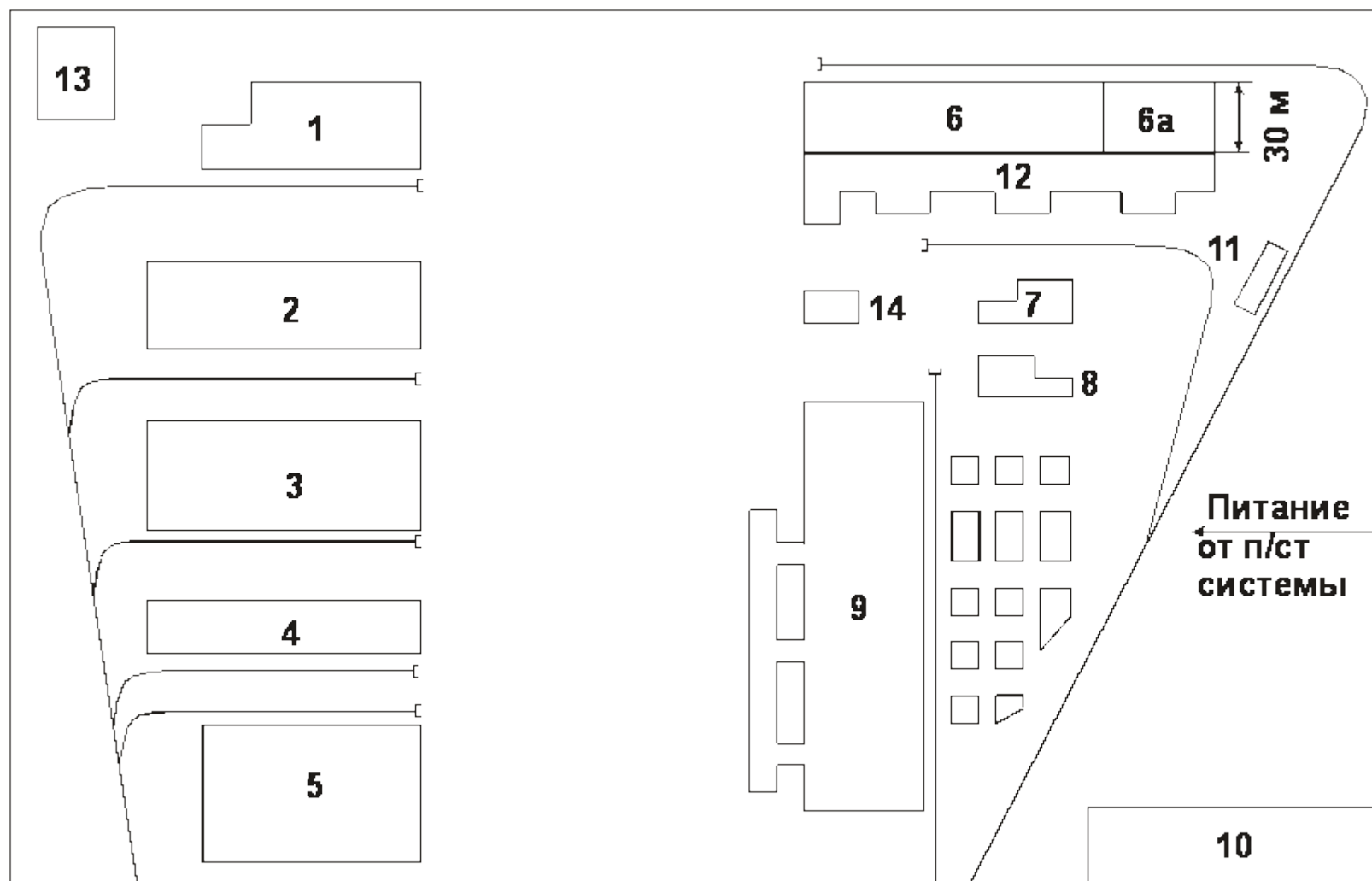


Рисунок 3 - Генплан к заданию № 3

Задание № 4

Тема: «Электроснабжение арматурного завода».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 4).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 800 МВА. На подстанции установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1100 МВА. Трансформаторы работают отдельно.
4. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 6,5 км.
5. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№ № п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1*	Механический корпус №1	200	5-100	4300	220	5-120	4500
2	Механический корпус №2	100	5-100	2250	90	6-80	2000
3	Блок складов	10	3-20	90	12	4-25	100
4	Деревообделочный цех	25	3-20	250	26	3-20	250

5*	Административный комплекс	20	1-30	270	24	1-25	300
6	Компрессорная:						
	а) СД 10 кВ	4	800	3200	4	630	2520
	б) 0,4 кВ	8	1-30	180	12	1-25	220
7*	Склад масел	5	5-20	80	7	4-18	70
8	Кузнечнопрессовый цех	41	3-200	650	40	4-175	600
8а	Отдел кузнечнопрессового цеха	50	10-100	1200	55	8-120	1500
9	Транспортный цех	10	3-15	100	12	4-16	120
10	Котельная	30	1-80	600	28	1-70	550
11	Ремонтно-механический цех	40	1-22	580	42	2-25	600
12	Литейный цех:						
	а) ДСП 12т	2	по каталогу		2	по каталогу	
	б) 0,4 кВ	80	1-80	2750	85	1-89	2800
13	Насосная	15	5-15	250	14	5-15	300
14	Электроремонтный цех	30	1-40	350	32	3-42	400

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

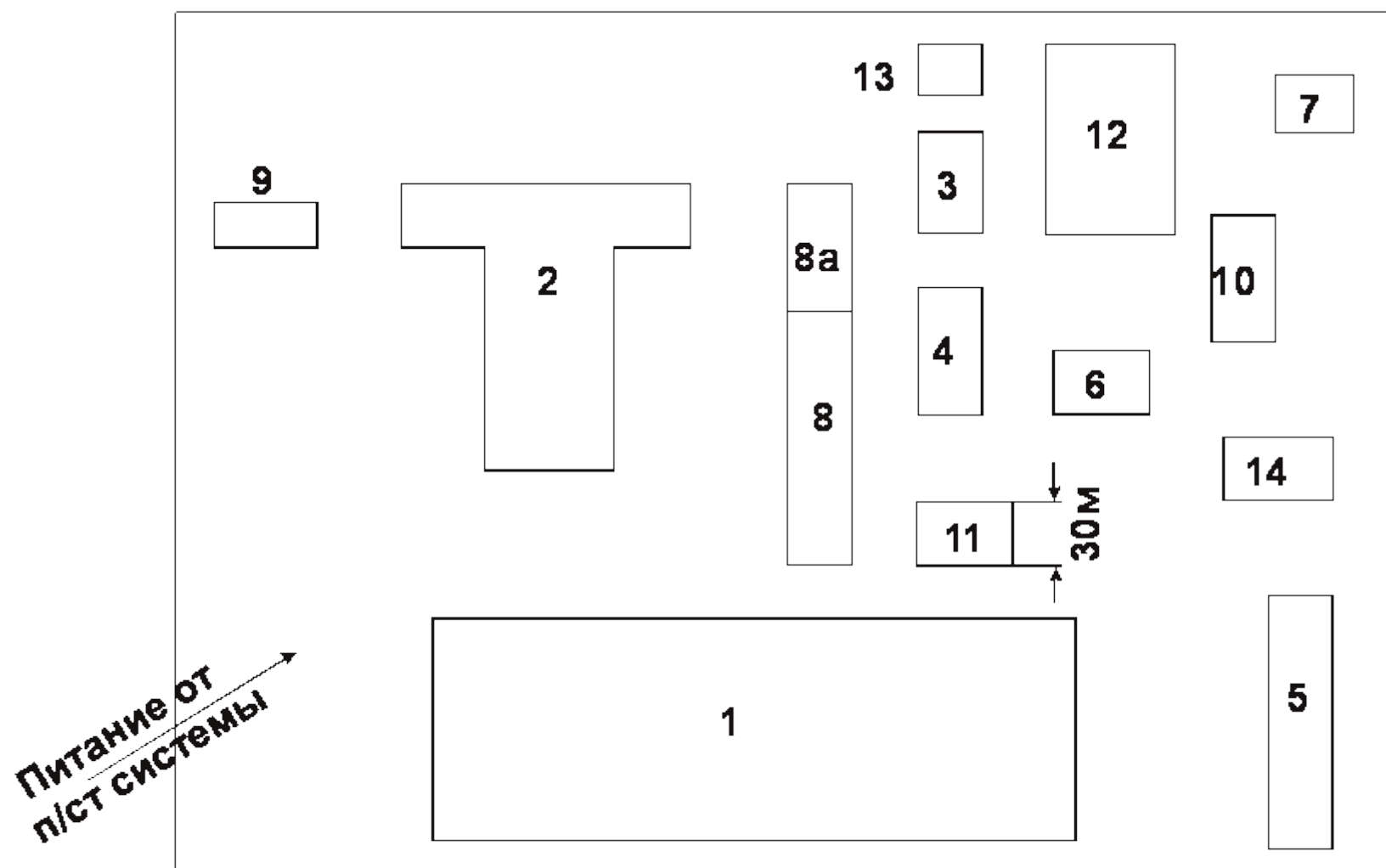


Рисунок 4 - Генплан к заданию № 4

Задание № 5

Тема: «Электроснабжение авторемонтного завода».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 5).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/6,3 кВ (трансформаторы работают раздельно). Мощность к.з. равна 900 МВА.
4. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 4,5 км.
6. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№ № п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P _н	Σ P _н		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
1*	Главный механический корпус	300	1-80	6700	320	1-90	6900

2	Испытательная станция	30	1-50	1200	35	1-60	1300
3	Компрессорная станция						
	а) 0,4 кВ	10	1-30	90	15	1-35	100
	б) СД 6кВ	4	630	2400	4	500	2000
4	Склад	10	1-20	120	12	1-15	120
5*	Административный корпус, столовая	30	1-30	430	35	1-28	450
6	Моечно-регулирующий корпус	40	1-40	680	42	1-35	700
7	Очистные сооружения	20	1-30	320	18	1-25	300
8	Столярный цех	40	1-40	370	35	1-32	390
9	Насосная станция	15	1-80	350	15	1-70	320
10*	Площадка готовой продукции	освещение		освещение			
11	Литейный цех:						
	а) ДСП 6т	2	по каталогу		2	по каталогу	
	б) 0,4 кВ	50	1-80	1200	55	1-70	1100
12	Сварочный цех	30	1-40	500	35	1-35	500
13	Электроцех	30	1-40	270	32	1-45	300
14	Термический цех	50	7-40	350	52	7-40	370

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

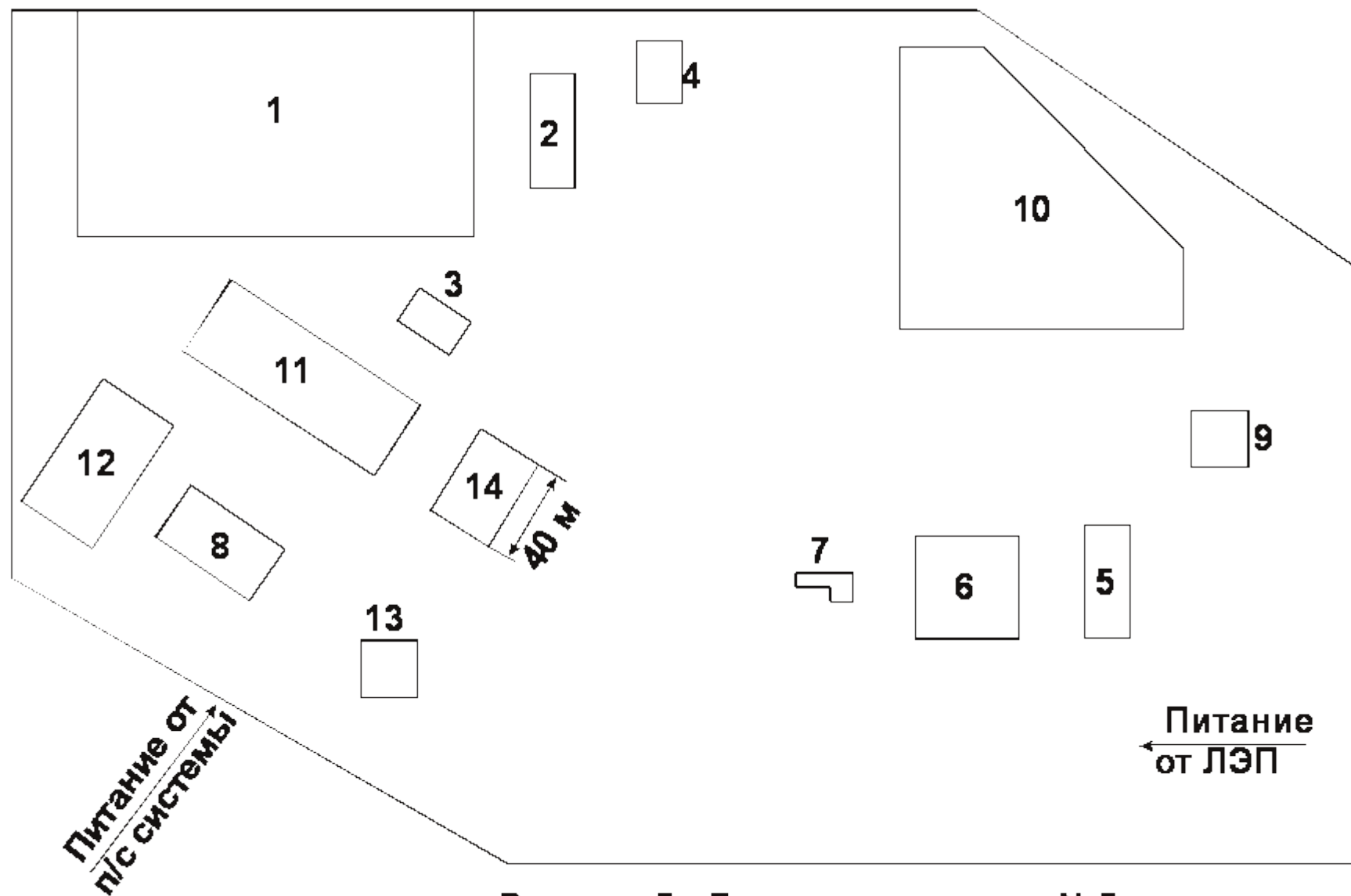


Рисунок 5 - Генплан к заданию №5

Задание № 6

Тема: «Электроснабжение завода геологоразведочного оборудования».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 6).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1200 МВА. Трансформаторы работают отдельно.
4. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 4,7 км.
5. Завод работает в три смены.

Электрические нагрузки

№ № п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P _н	Σ P _н		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
1	Блок механических цехов №1	300	1-80	7100	280	1-70	6800

2	Блок механических цехов №2						
		100	1-50	1700	120	1-45	1600
3	Цех металлоконструкций	50	1-40	900	48	1-30	800
4	Сборочный цех	30	1-50	450	32	1-55	500
5	Экспериментальный цех	20	1-40	350	25	1-35	400
6*	Термический цех	80	1-80	1500	90	1-70	1600
6а	Отделение термического цеха	51	5-40	400	55	5-45	450
7	Кузнечно-штамповочный цех	40	1-80	780	42	1-70	810
8	Ремонтно-механический цех	40	1-40	350	35	1-30	300
9*	ЦЗЛ	15	1-30	150	16	1-25	180
10*	Заводоуправление, столовая	20	1-30	300	20	1-25	290
11	Тарный цех	30	1-30	350	20	1-25	340
12	Блок складов	10	1-20	110	12	1-15	100
13	Насосная	10	1-80	400	8	5-80	350
14	Компрессорная:						
	а) СД 10кВ	2	1000	2000	2	1250	2500
	б) 0,4 кВ	15	1-20	180	20	1-15	190
15	Кислородная	10	1-40	180	8	1-50	200
16	Склад масел, мазута	10	1-10	60	12	1-15	70

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

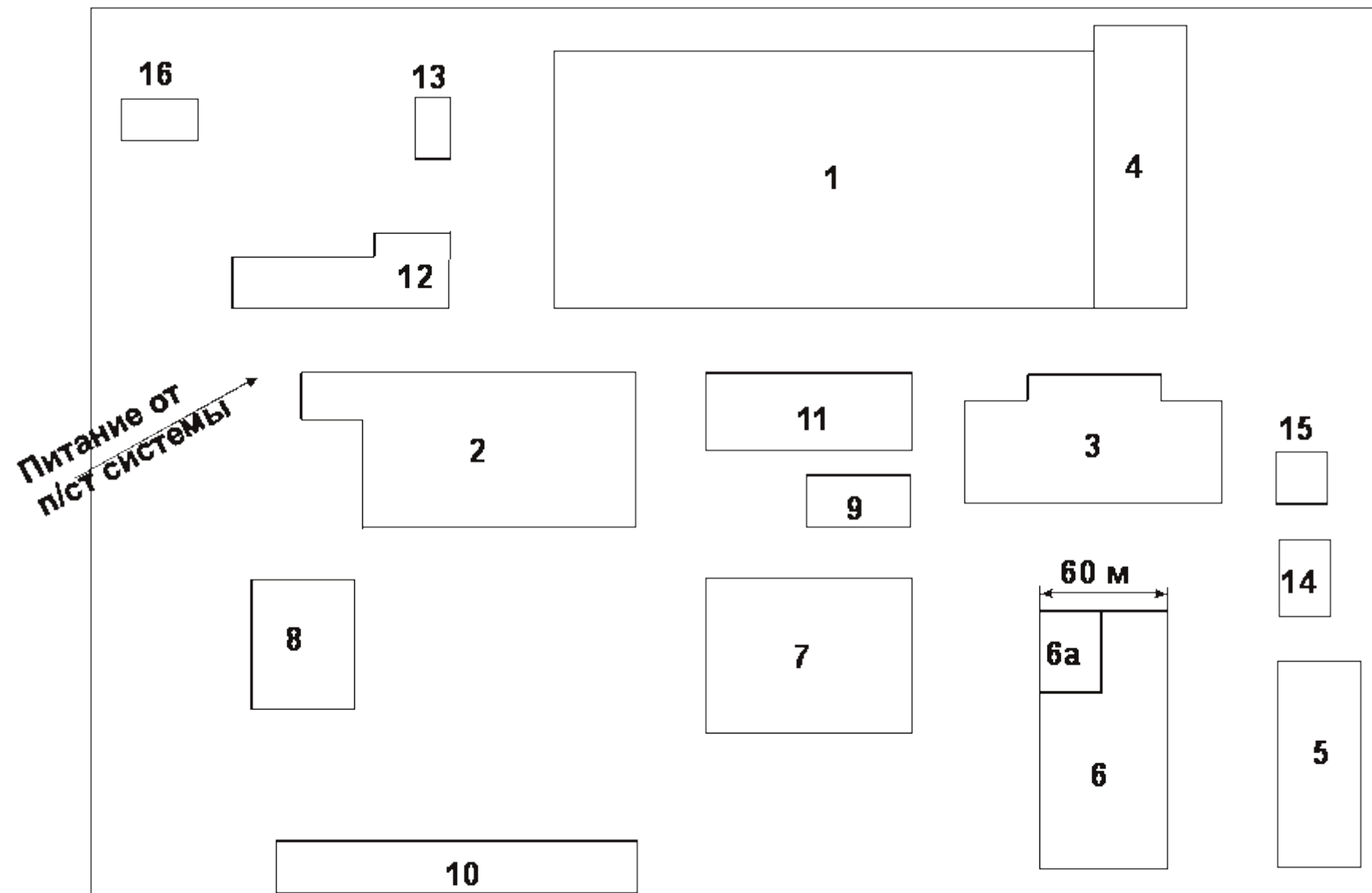


Рисунок 6 - Генплан к заданию № 6

Задание № 7

Тема: «Электроснабжение завода металлорежущих инструментов».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 7).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 500 МВА, на которой установлены три трансформатора мощностью по 25 МВА, напряжением 37/6,3 кВ. Мощность к.з. на стороне 37 кВ равна 400 МВА. Трансформаторы работают параллельно.
4. Расстояние от энергосистемы до завода 5,2 км.
5. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол- во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		Кол- во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P _н	Σ P _н		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
	Главный корпус						
1	Цех червячных фрез	55	5-30	1750	60	5-25	1800
2	Цех протяжек	45	28-80	1380	50	20-80	1400
3	Цех долбняков	35	1,4-50	1150	30	4-40	1100
4	Механический цех	50	1-40	1050	52	1-35	1000

5*	Инструментальный цех	40	1-14	520	35	1-15	500
6*	Литейный цех	150	1,1-80	3000	160	1-85	2800
7	Компрессорная:						
	а) СД 6кВ	4	800	3200	4	630	2520
	б) 0,4 кВ	10	5	50	12	6	72
8	Деревообрабатывающий цех	25	0,8-20	480	30	3-25	500
9	Котельная	25	10-40	700	27	6-40	720
10	Кузнечно-прессовый цех	20	10-40	600	21	10-50	620
11	Заводоуправление	15	1-10	115	15	1-12	120
12*	Столовая	25	1-40	380	23	1-30	350
13	Термический цех	45	5-50	450	40	1-45	430
14	Электроцех	20	1-28	350	22	1-30	400
15	Склад металла	8	1-20	85	10	1-22	90
16	Материальный склад	10	1-25	200	10	1-20	180

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

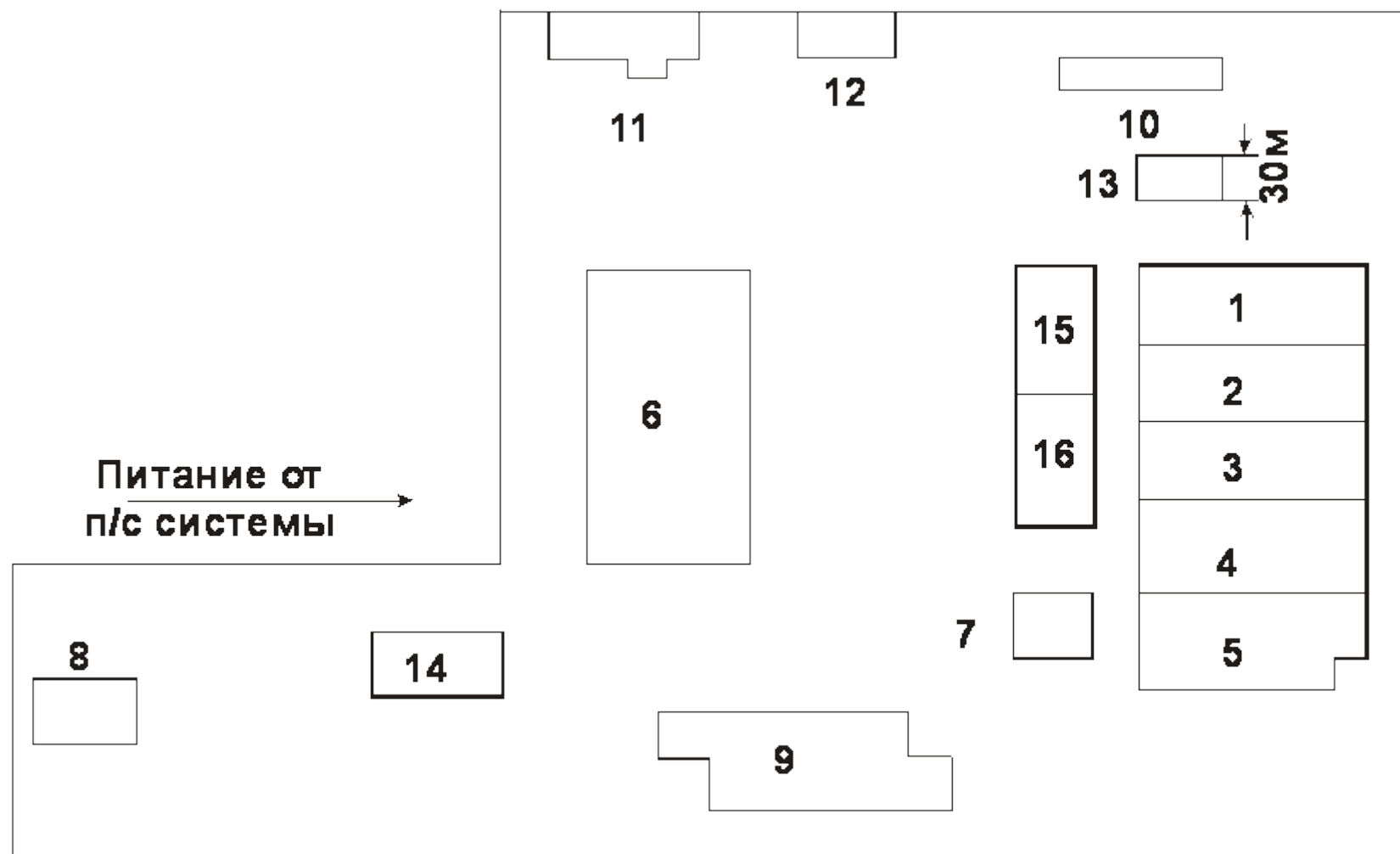


Рисунок 7 - Генплан к заданию № 7

Задание № 8

Тема: «Электроснабжение завода шарикоподшипников».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 8).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Трансформаторы работают отдельно. Энергосистема неограниченной мощности.
4. Расстояние от энергосистемы до завода 4,5 км.
5. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Заводоуправление	35	1,1-20	310	30	1-25	300
2	Блок механических цехов №1	220	1-40	4000	240	1-45	4500

3	Блок механических цехов №2	150	3-50	3200	160	5-55	3500
4	Блок механических цехов №3	300	1-100	4500	280	1-90	4300
5	Литейный цех:						
	а) 0,4 кВ	120	1-50	2100	110	1-45	2000
	б) ДСП 12т	4	по каталогу		4	по каталогу	
6	Компрессорная:						
	а) СД 6 кВ	4	800	3200	4	1000	4000
	б) 0,4 кВ	6	10	60	8	12	96
7	Насосная	10	5-100	520	12	5-80	550
8*	Газогенераторная	15	1-40	310	13	1-30	300
9	Кузнечный цех	50	1-40	1700	60	2-40	1800
10	Термический цех №1	50	5-40	600	48	5-45	620
11	Термический цех №2	40	1-30	1600	45	1-35	1800
12*	Котельная	50	5-80	700	52	5-60	800
13	Склад	10	1-10	90	8	1-15	90
14	Электроремонтный цех	30	1-30	280	35	1-25	300
15*	Столовая	25	1-40	270	24	1-20	250
16	Экспериментальная лаборатория	40	1-30	350	30	1-40	340

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки. Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

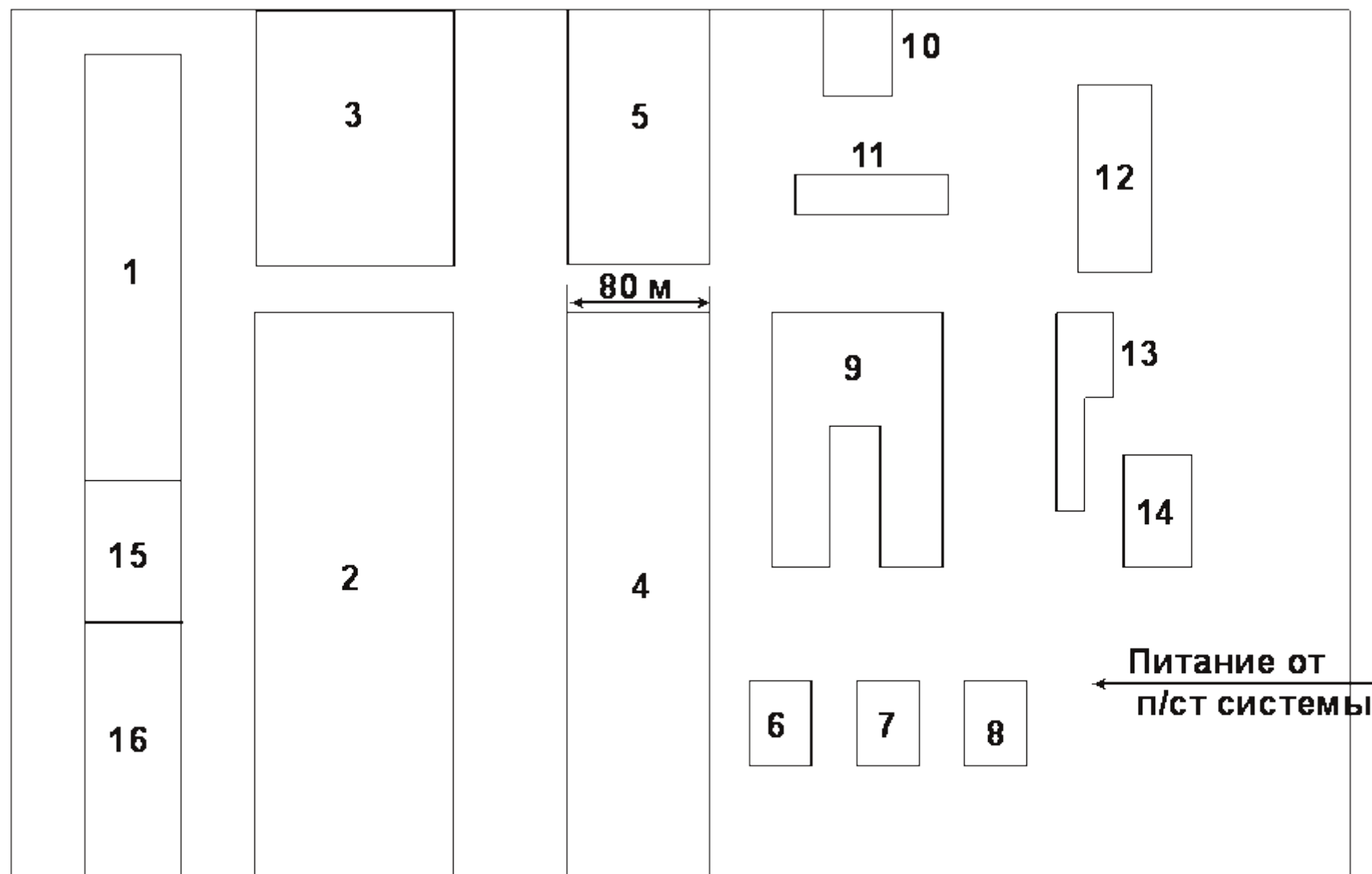


Рисунок 8 - Генплан к заданию № 8

Задание № 9

Тема: «Электроснабжение завода высоковольтной аппаратуры».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 9).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от ТЭЦ мощностью 400 МВт (4 турбогенератора по 100 МВт). Напряжение на шинах 10,5 кВ. На ТЭЦ имеется повысительная подстанция из двух трансформаторов мощностью по 40 МВА, напряжением 10,5/115 кВ. Мощность к.з. на шинах 10,5 кВ ТЭЦ равна 500 МВА.
4. Расстояние от ТЭЦ до завода 6 км.
5. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Механический корпус	500	1-100	12800	530	1-110	12500
2	Термический цех	46	3-60	700	42	3-55	750
3	Опытный цех	30	1-70	1450	25	1-60	1350

4	Блок вспомогательных цехов	70	3-40	1900	60	3-35	1700
5	Лабораторный корпус	60	1-150	2500	55	1-130	2400
6	Компрессорная:						
	а) 0,4 кВ	15	10-30	210	18	10-32	250
	б) СД 10 кВ	4	2000	8000	4	2000	8000
7*	Заводоуправление	40	1-40	380	37	1-35	360
8	Деревообрабатывающий цех	25	10-40	250	24	8-40	240
9	Кислородная станция	7	30	210	10	30	300
10	Водородная станция	10	20	200	12	20	240
11	Главный магазин	4	10	40	6	15	90
12	Транспортный цех	15	1-20	120	12	1-15	100
13	Склад фарфора	3	10	30	4	10	40
14	Зарядная станция	10	10-30	210	15	10-20	250
15	Склад готовой продукции	5	10-40	80	6	8-35	75
16*	Склад масел	4	5	20	5	6	30
17*	Насосная	6	100	600	8	100	800
18	Склад запчастей	4	10	40	6	10	60

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

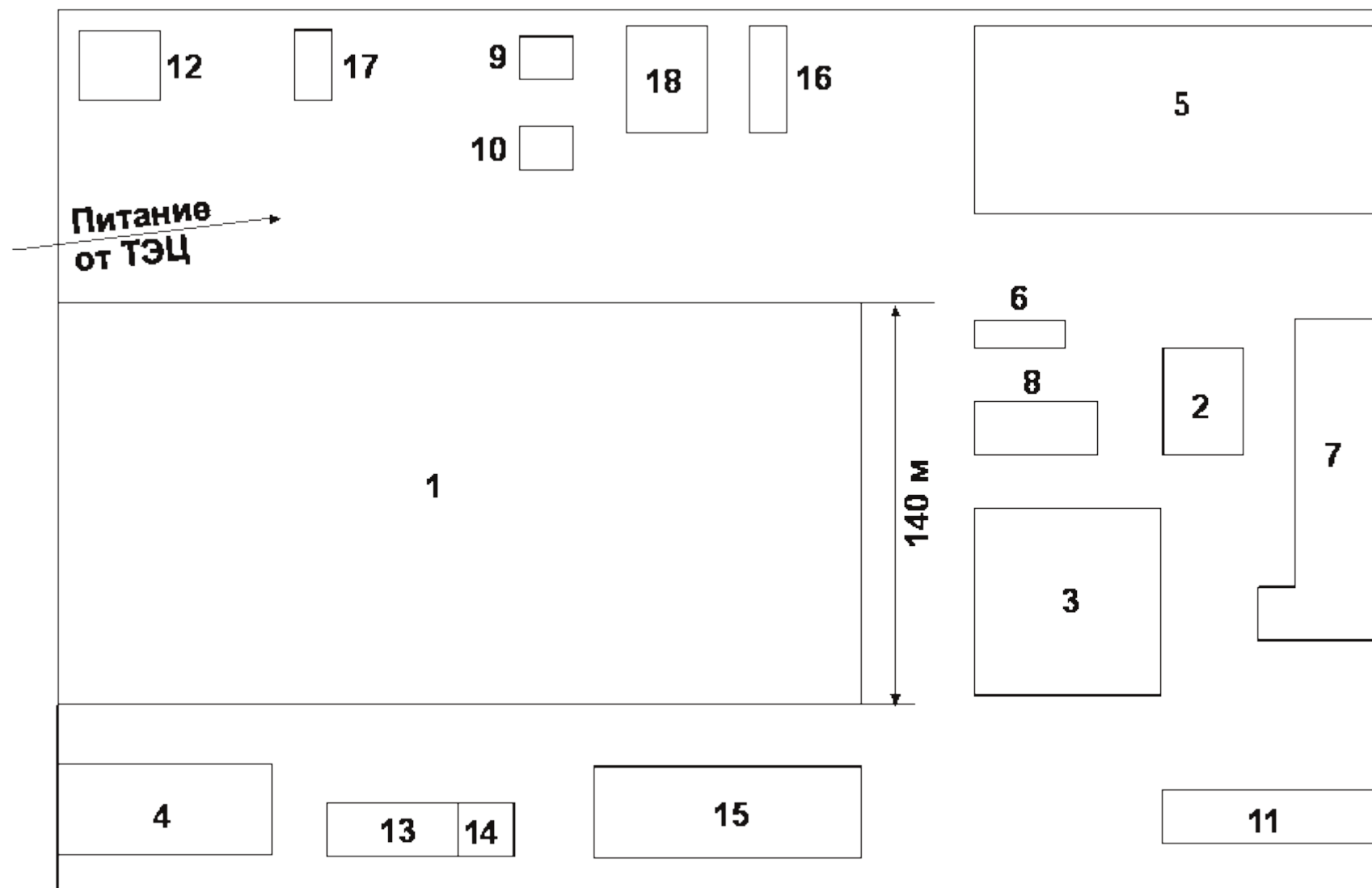


Рисунок 9 - Генплан к заданию № 9

Задание № 10

Тема: «Электроснабжение завода волочильных станов».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 10).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два параллельно работающих трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1250 МВА.
4. Расстояние от энергосистемы до завода 6,2 км.
5. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Механический цех №1	50	1-50	1890	60	1-50	1900
2	Механический цех №2	100	1-80	3800	120	1-70	4000
3	Механосборочный цех	50	1-50	1820	55	1-60	2000

4*	Кузнечнопрессовый цех	80	1-80	1400	85	1-80	1500
5	Цех обработки цветных металлов	30	5-230	700	25	5-200	600
6	Цех металлоконструкций	50	1-50	800	50	1-45	750
7	Цех цветного литья	70	1-80	1100	75	1-70	1100
8	Чугунолитейный цех	100	1-100	3700	110	2-120	3800
9	Модельный цех	30	1-30	230	35	1-28	260
10	Компрессорная станция:						
	а) 0,4 кВ	10	1-30	270	10	1-40	310
	б) СД 10 кВ	4	800	3200	4	1000	4000
11*	Котельная	40	1-50	320	42	1-40	300
12*	Заводоуправление	30	1-20	290	33	1-21	270
13	Столовая	10	1-20	50	12	1-35	380
14	Термический цех	30	1-20	300	25	1-15	350
15	Автогараж	20	1-30	150	8	1-18	52

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

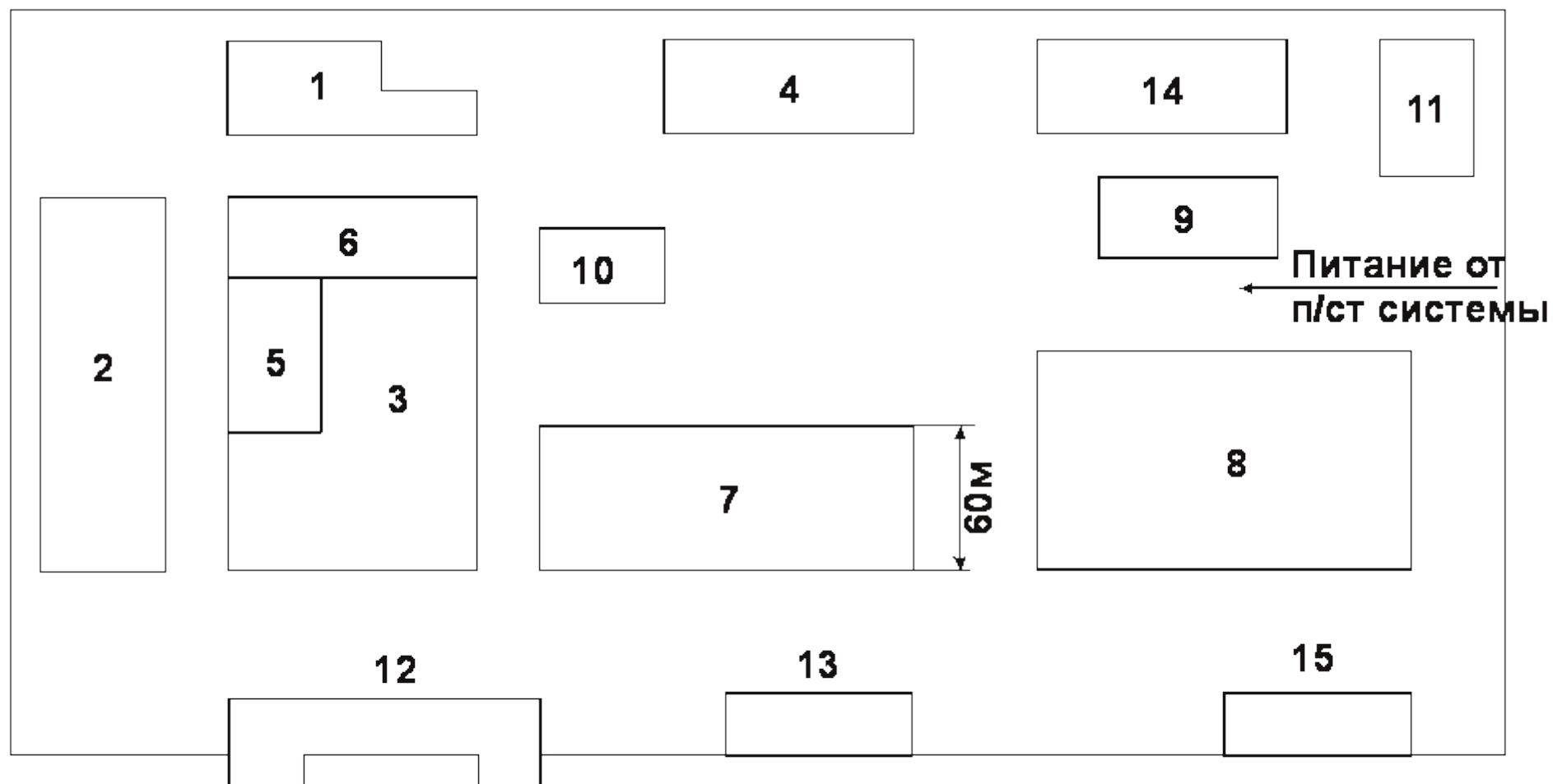


Рисунок 10 - Генплан к заданию №10

Тема: «Электроснабжение завода продольно-строгальных станков».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 11).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 100 МВА, напряжением 230/115/37кВ. Мощность к.з. на стороне 230 кВ равна 1800 МВА. Трансформаторы работают отдельно.
4. Расстояние от энергосистемы до завода 16 км.
5. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, n	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, P _н	Σ P _н		Одного ЭП, P _н	Σ P _н
1	Механический цех мелких станков	300	1-40	4500	320	1-45	4700
2	Механический цех крупных станков	100	1-80	2500	130	1-90	2800

3	Механический цех уникальных станков	40	1-250	2800	42	1-250	3000
4	Цех обработки цветных металлов	30	5-230	600	40	5-200	550
5	Сборочный цех	50	1-50	800	55	1-60	900
6*	Чугунолитейный цех	150	1-120	4000	170	1-125	4500
7	Цех цветного литья	50	1-80	1500	56	1-75	1600
8	Заготовительно- сварочный цех	50	1-80	800	60	1-90	900
9	Термический цех	30	1-80	970	38	1-70	1000
10	Компрессорная:						
	а) 0,4 кВ	15	10-80	300	20	8-70	400
	б) СД10 кВ	4	1250	5000	4	1000	4000
11	Модельный цех	30	1-30	180	33	2-26	200
12	Заводоуправление, столовая	40	1-40	350	38	1-45	330
13*	Главный магазин	10	1-10	50	12	1-15	60
14*	Электроцех	30	1-40	200	35	1-45	250

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

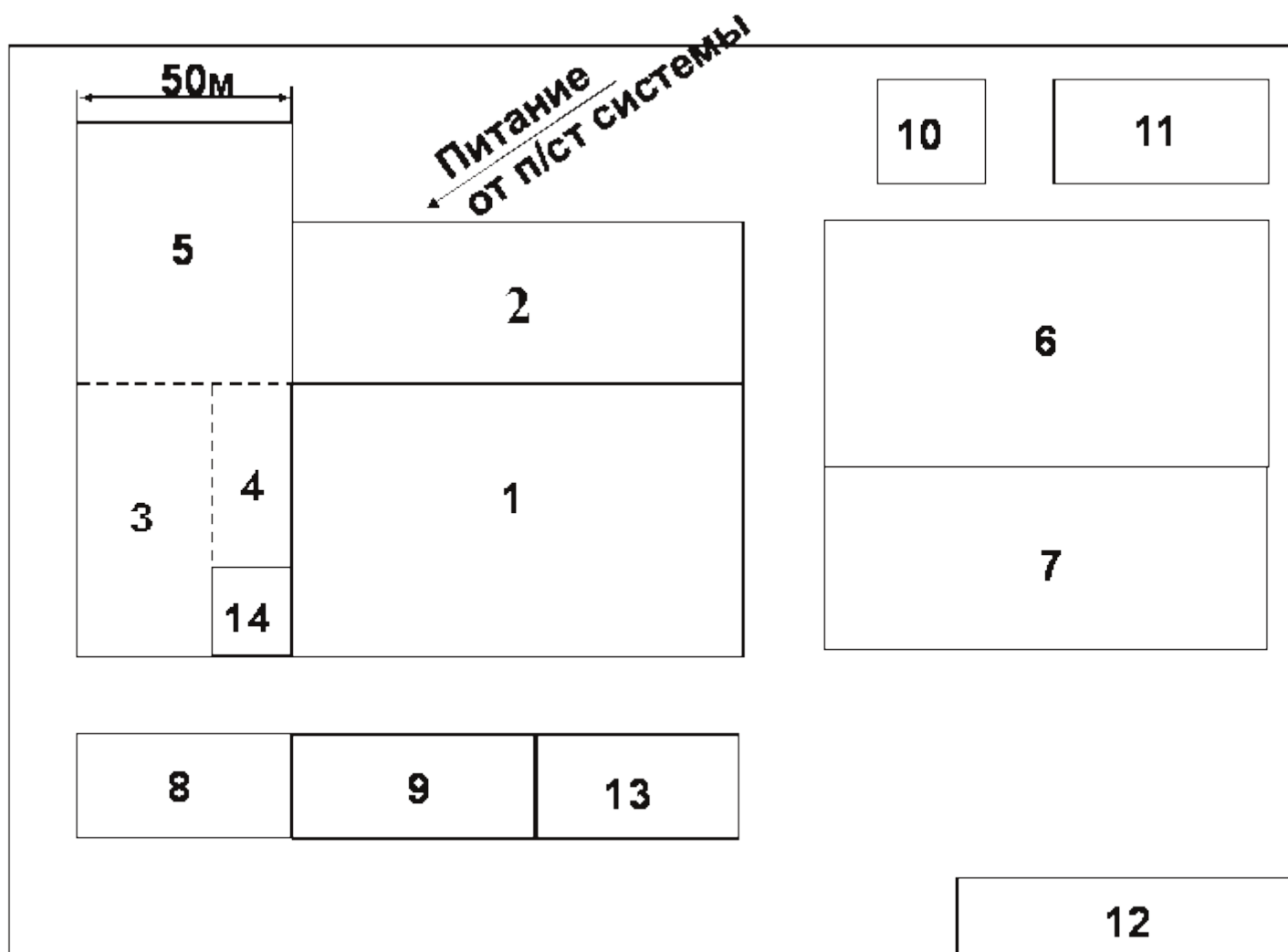


Рисунок 11 - Генплан к заданию № 11

Задание № 12

Тема: «Электроснабжение машиностроительного завода».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 12).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы мощностью 700 МВА, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 40 МВА, напряжением 115/37/10,5 кВ. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 900 МВА. Трансформаторы работают отдельно.
4. Расстояние от энергосистемы до завода 6,5 км.
5. Завод работает в три смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Главный механический корпус	500	1-150	5800	550	1-160	6000
2	Компрессорная:						
	а) 0,4 кВ	10	1-20	200	15	1-35	250

	б) СД 10 кВ	4	1250	5000	4	1000	4000
3*	Механосборочный цех	50	1-40	1800	70	71-45	2000
3а	Отделение сборочного цеха	32	7-70	500	35	5-60	520
4	Термический цех	80	1-100	2100	83	2-90	2300
5	Сварочно-заготовительный цех	50	1-60	1630	56	1-70	1700
6	Электроремонтный цех	30	1-40	280	35	2-45	320
7	Литейный цех:						
	а) 0,4 кВ	60	1-80	2800	62	1-90	3000
	б) ДСП 12т	4	по каталогу		4	по каталогу	
8*	Склад материальный	10	1-20	80	13	1-22	90
9	Кузнечно-штамповочный цех	50	1-80	1300	100	1-80	2800
10	Административный корпус	20	1-30	270	28	2-32	350
11*	Столовая	40	1-40	350	43	1-40	400

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

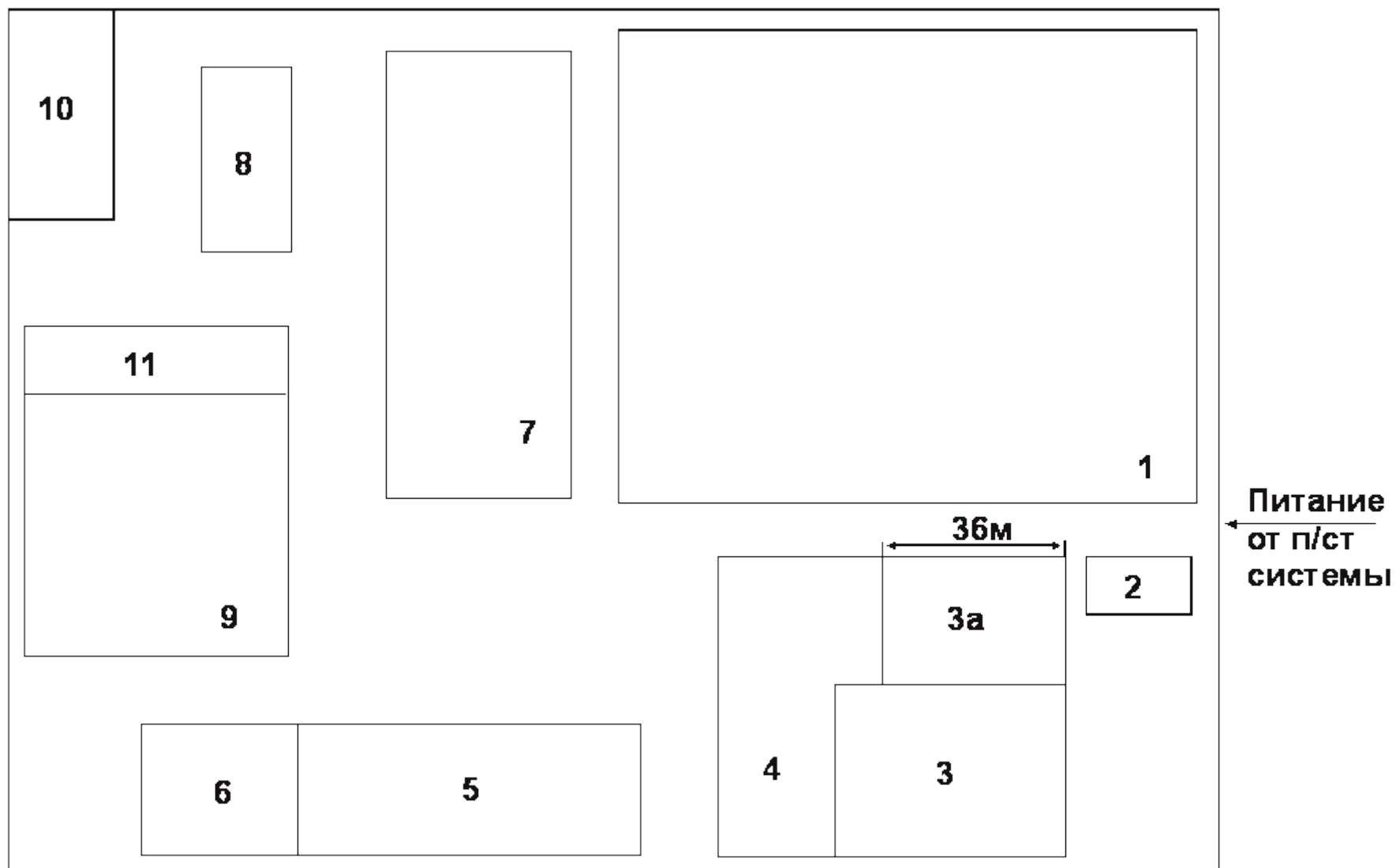


Рисунок 12 - Генплан к заданию № 12

Задание № 13

Тема: «Электроснабжение завода тяжелого машиностроения».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 13).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы А мощностью 600 МВА или ТЭЦ, мощностью 200 МВА, работающей параллельно с энергосистемой . Мощность к.з. на шинах 37 кВ подстанции А равна 750 МВА, а на шинах 10 кВ ТЭЦ равна 350 МВА.
4. Расстояние от подстанции энергосистемы А до завода 12 км, а от ТЭЦ до завода равно 4,5 км.
5. Завод работает в три смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Механический цех №1	300	1-40	5100	320	1-45	5300
2	Механический цех крупных станков	100	1-150	3800	110	1-140	3700
3	Сборочный цех	33	4-90	420	36	4-100	450

4*	Термический цех	50	10-80	1700	52	10-70	1750
5	Кузнечно-прессовый цех	60	10-100	2500	60	100-110	2700
6*	Инструментальный цех	50	1-80	800	48	1-82	800
7	Чугунолитейный цех	100	10-120	2700	120	10-130	3000
8	Мартеновский цех	100	10-150	3000	110	10-160	3100
9	Компрессорная:						
	а) 0,4 кВ	15	10-80	300	20	10-90	300
	б) СД 10 кВ	4	1250	5000	4	1000	4000
10	Модельный цех	40	130	210	42	1-35	250
11	Сварочно-заготовительный цех	50	1-60	1600	51	1-60	1650
12	Склад металла	10	1-40	80	12	1-40	100
13	Транспортный цех	20	1-30	170	21	1-30	200
14	Экспериментальный цех	40	1-20	250	45	1-25	310
15*	Административный корпус, столовая	50	1-50	370	48	1-50	400

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

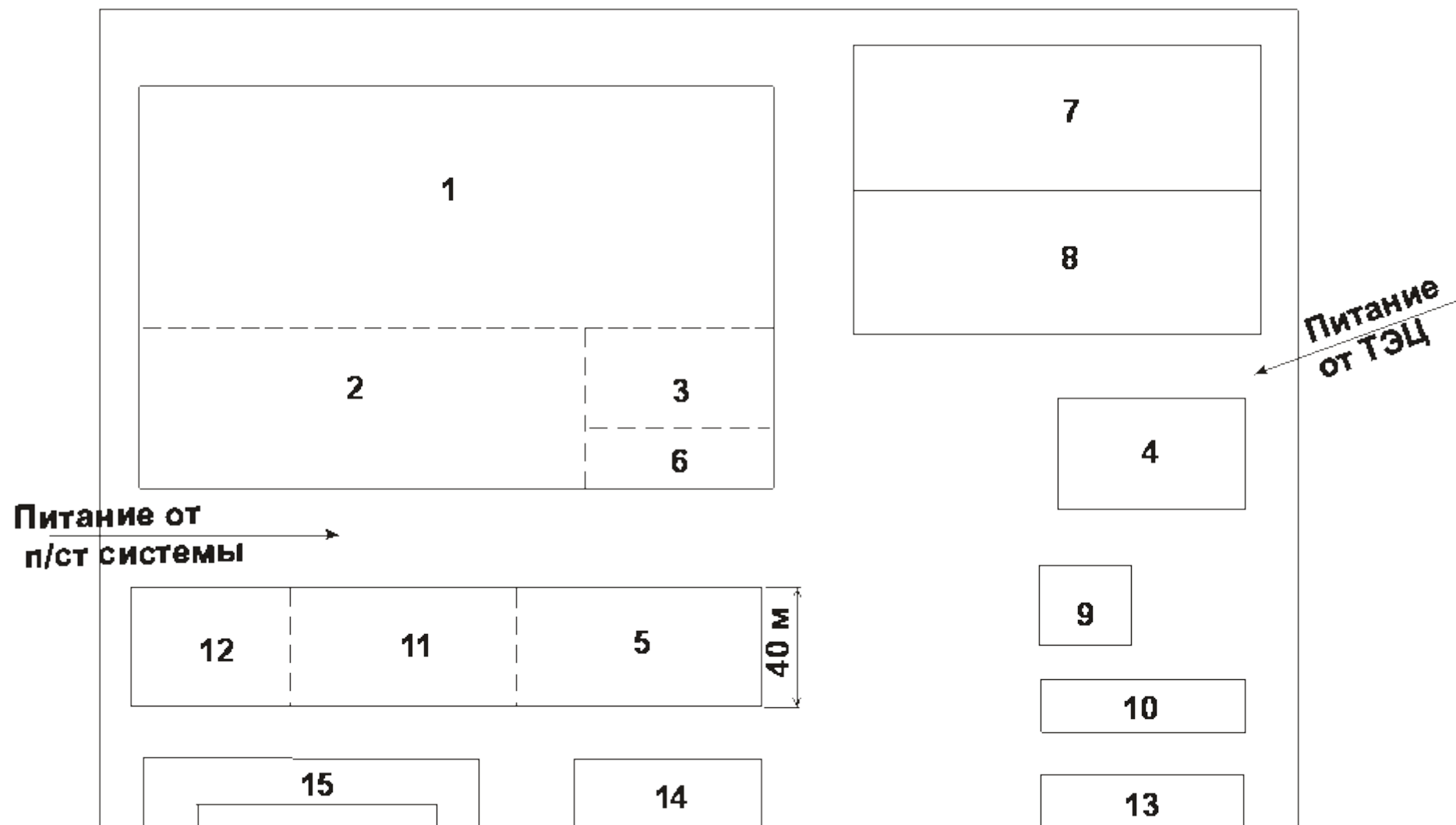


Рисунок 13 - Генплан к заданию № 13

Задание № 14

Тема: «Электроснабжение меланжевого комбината».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана комбината (рисунок 14).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам комбината.
3. Питание комбината может быть осуществлено от ТЭЦ, на которой установлены 4 турбогенератора с АРН мощностью 25 МВт, напряжением 6,3 кВ. Генераторы работают параллельно.
4. Расстояние от ТЭЦ до комбината 3,5 км.
5. Комбинат работает в три смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1*	Прядильный цех	250	1-40	4500	270	1-40	5000
2	Ткацкий цех №1	200	10-50	3800	220	10-50	4100
3	Ткацкий цех №2	200	1-50	4000	230	1-50	4500
4	Красильный цех	100	3-40	4000	110	3-45	4300
5*	Котельная	50	10-120	1800	56	10-100	2200
6	Механический цех	30	1-50	550	35	1-50	600

7	Электроремонтный цех	25	3,8-20	350	25	3-25	400
8	Столярный цех	42	3-80	400	45	3-80	500
9	Центральный склад	10	3-20	70	15	3-20	90
10*	Заводоуправление, столовая	40	1-40	350	43	1-40	450
11	Гараж	20	1-20	280	25	1-20	310
12	Насосная: а) 0,4 кВ	20	1-25	150	24	1-25	200
	б) СД 6 кВ	4	630	2520	4	800	3200

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

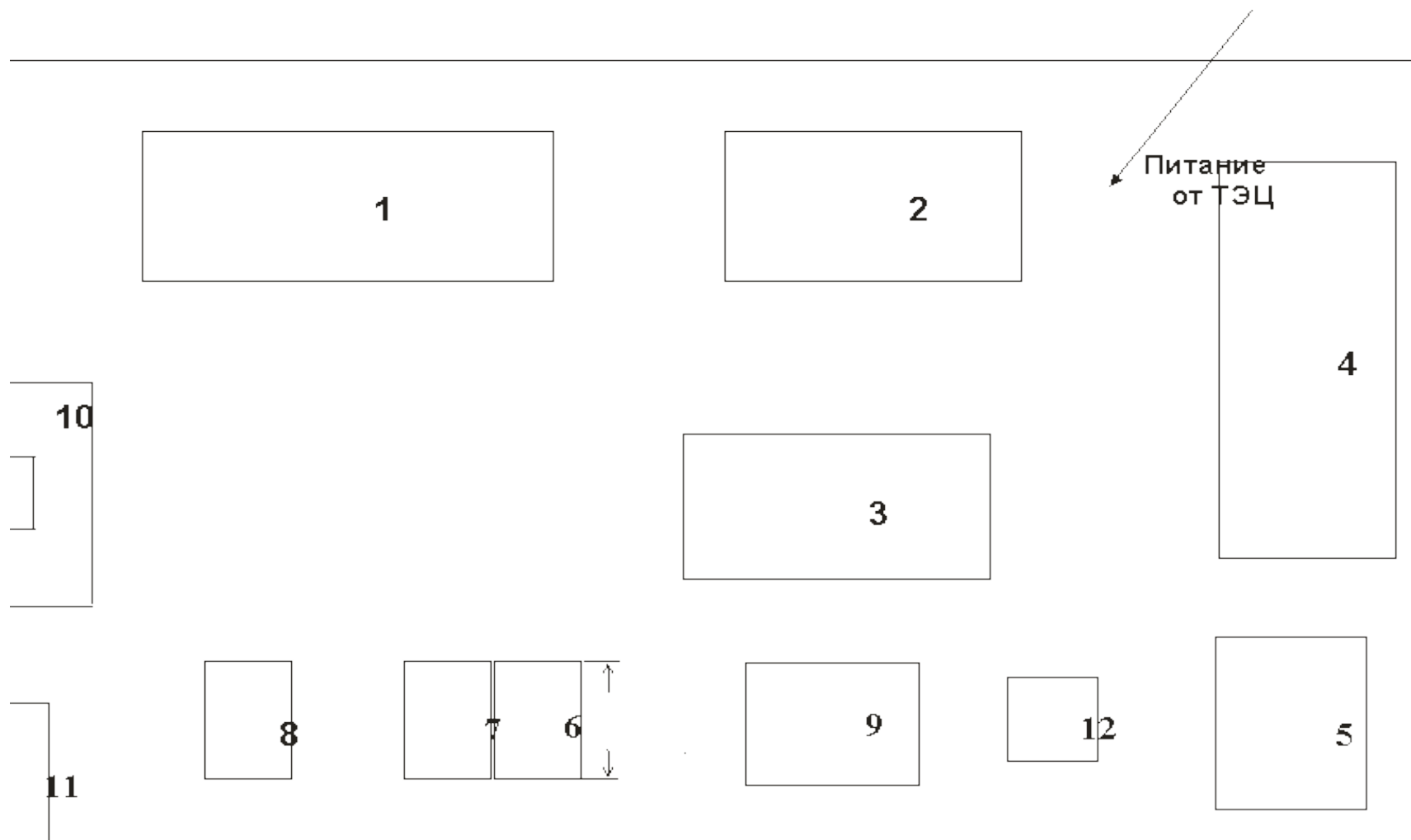


Рисунок 14 - Генплан к заданию № 14

Задание № 15

Тема: «Электроснабжение комбината цветной металлургии».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана комбината (рисунок 15).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам комбината.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлено два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 230/115/37 кВ. Работа трансформаторов отдельная. Мощность энергосистемы 700 МВА. Реактивное сопротивление системы до трансформатора, отнесённое к её мощности, 0,2.
4. Расстояние от подстанции энергосистемы до комбината 20 км.
5. Комбинат работает в три смены.

Электрические нагрузки

№ № п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол- во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Аглоцех	150	5-55	6800	140	5-50	6500

2	Цех отражательных печей	80	10-100	5850	70	10-80	5700
3*	Цех рафинации	50	2-120	5500	45	2-100	5000
4*	Склад полуфабрикатов	20	5-30	290	18	5-25	250
5	Механический цех	30	1-40	580	28	1-40	520
6	Заготовительно- штамповочный цех	33	5-55	200	30	4-50	270
7	Электроремонтны й	35	1-50	480	32	1-40	450
8	Гараж на 50 автомашин	20	1-30	280	25	1-30	300
9	Насосная: а) 0,4 кВ	10	10-40	250	12	10-35	230
	б) СД 10 кВ	6	1250	7500	6	1000	6000
10	Склад готовой продукции	15	5-30	280	14	5-30	250
11	Котельная	60	10-100	1750	55	10-90	1700
12*	Заводоуправление, столовая	50	1-30	400	52	1-25	400

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

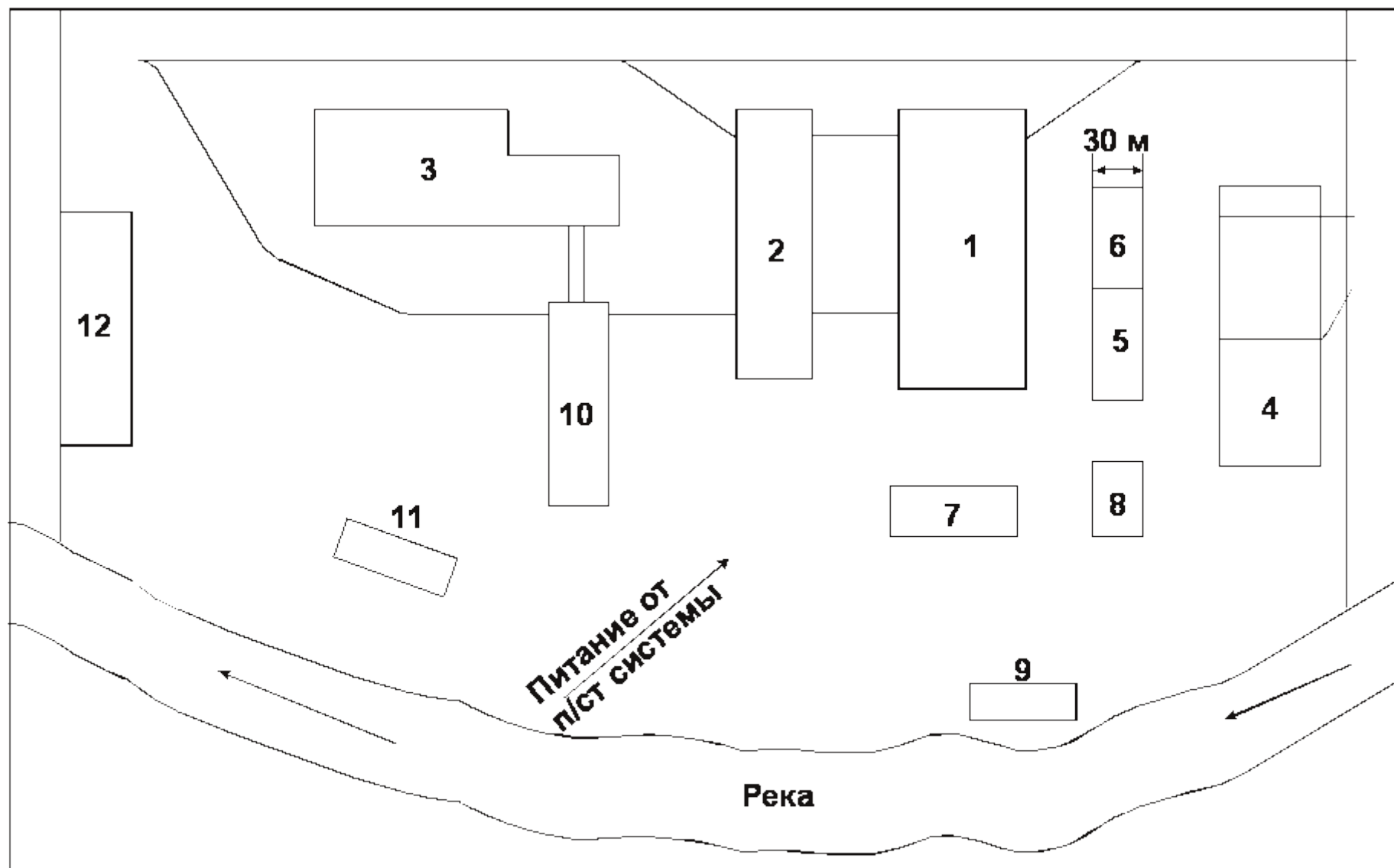


Рисунок 15 - Генплан к заданию № 15

Задание № 16

Тема: «Электроснабжение обогатительной фабрики».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана фабрики (рисунок 16).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам фабрики.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трансформатора мощностью по 25 МВА, напряжением 37/6,3 кВ (трансформаторы работают раздельно) или глухой отпайкой от транзитной двухцепной ЛЭП-115 кВ
4. Расстояние от подстанции энергосистемы до фабрики 4 км, от транзитной ЛЭП-115 кВ – 6,5 км.
5. Фабрика работает в три смены.

Электрические нагрузки

№ № п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1*	Корпус крупного дробления	30	1-120	670	32	1-120	700

2	Корпус среднего дробления	25	1-120	550	27	1-125	600
3	Корпус отливки и сгущения шламов	50	1-50	1100	55	1-52	1300
4*	Склад дробленой руды	20	1-80	300	22	1-70	320
5	Главный корпус:						
	а) 0,4 кВ	80	1-40	4700	85	1-40	5000
	б) СД 6 кВ	4	630	2520	4	800	3200
6	Реагентный корпус	20	1-30	280	25	1-30	320
7	Боритовый корпус	50	1-50	1400	52	1-50	1500
8	Насосная водоснабжения	10	1-80	320	15	1-70	400
9	Золотоизвлекательная секция	30	1-50	1800	33	1-40	1700
10	Корпус сушки	20	1-30	210	25	1-30	250
11	Склад концентратов	10	1-30	150	12	1-25	160
12*	Административно-технический корпус	25	1-20	175	27	1-20	200
13	Ремонтно-механический	30	3-50	200	33	4-60	250
14	Перегрузочный узел №1	7	1-40	120	10	1-40	200
15	Перегрузочный узел №2	7	1-40	120	10	1-40	200

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

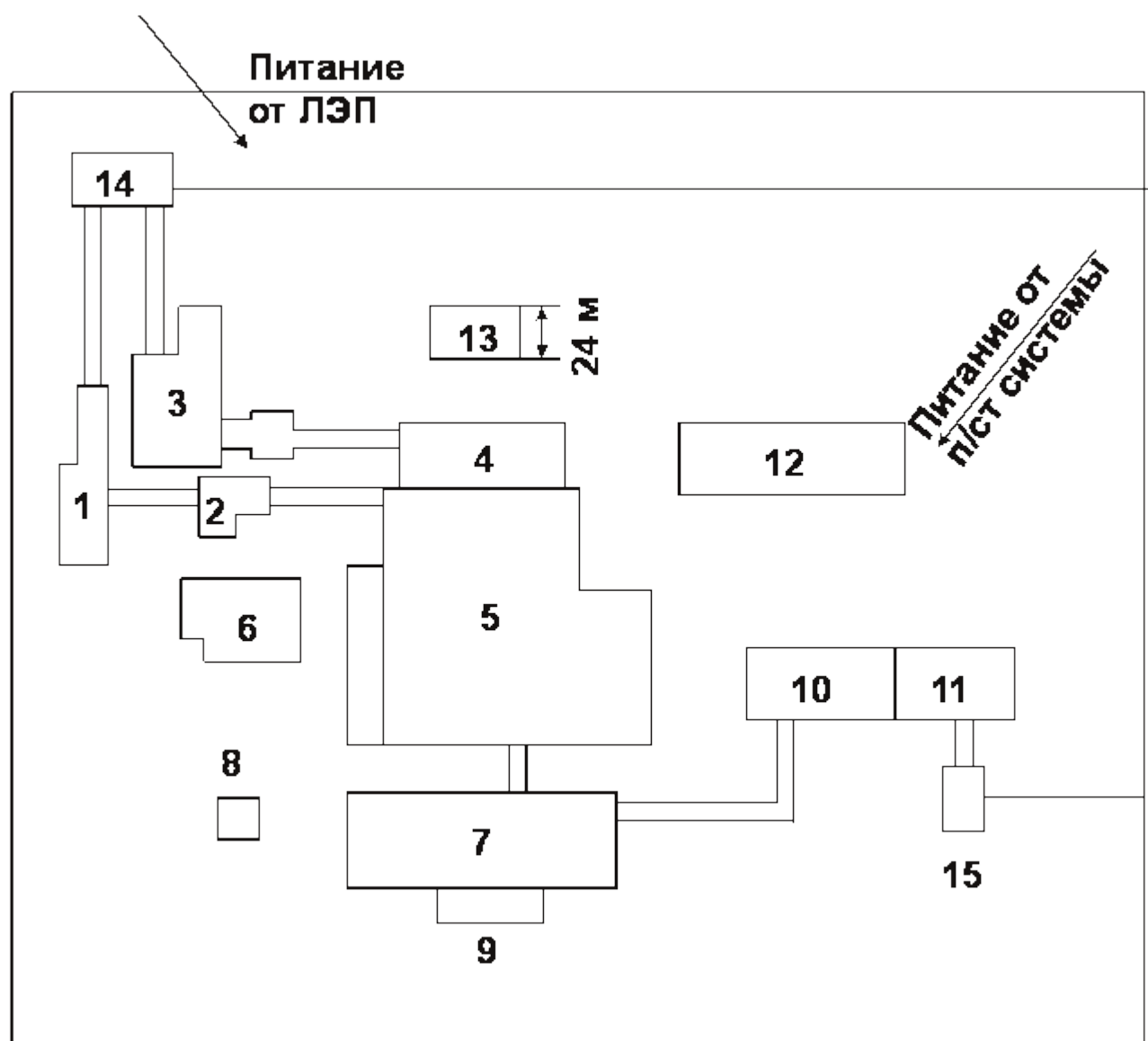


Рисунок 16- Генплан к заданию № 16

Задание № 17

Тема: «Электроснабжение деревообрабатывающего завода».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 17).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трёхобмоточных трансформатора мощностью по 31,5 МВА, напряжением 115/37/6,3 кВ. Мощность энергосистемы 600 МВА, реактивное сопротивление системы на стороне 115 кВ, отнесенное к мощности системы, 0,2.
4. Расстояние от подстанции энергосистемы до завода 4,6 км.
5. Завод работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Лесопильный цех	100	1-100	2500	120	1-100	3000
2*	Сушильный цех	50	10-80	950	60	10-70	1100
3	Механический цех	39	4-40	400	45	5-45	500
4	Биржа сырья	30	10-40	700	32	10-45	800
5	Столярный цех №1	40	3-40	1200	45	3-40	1300

6	Столярный цех №2	50	1-50	1400	56	1-60	1600
7*	Мебельный цех	30	1-28	550	33	1-30	650
8	Насосная	8	40-100	560	8	4-150	600
9	Сборочный цех	60	1-20	1720	62	1-30	1800
10	Цех прессованных плит	10	1-10	60	12	1-15	70
11	Материальный склад	8	1-10	60	12	1-10	60
12	Компрессорная:						
	а) 0,4 кВ	8	10-20	100	8	10-20	120
	б) СД 6 кВ	4	800	3200	4	1000	4000
13	Заводоуправление	20	0,5-14	100	25	2-15	120
14*	Столовая	30	1-40	320	33	1-40	350
15	Гараж	20	5-28	280	25	5-32	320

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

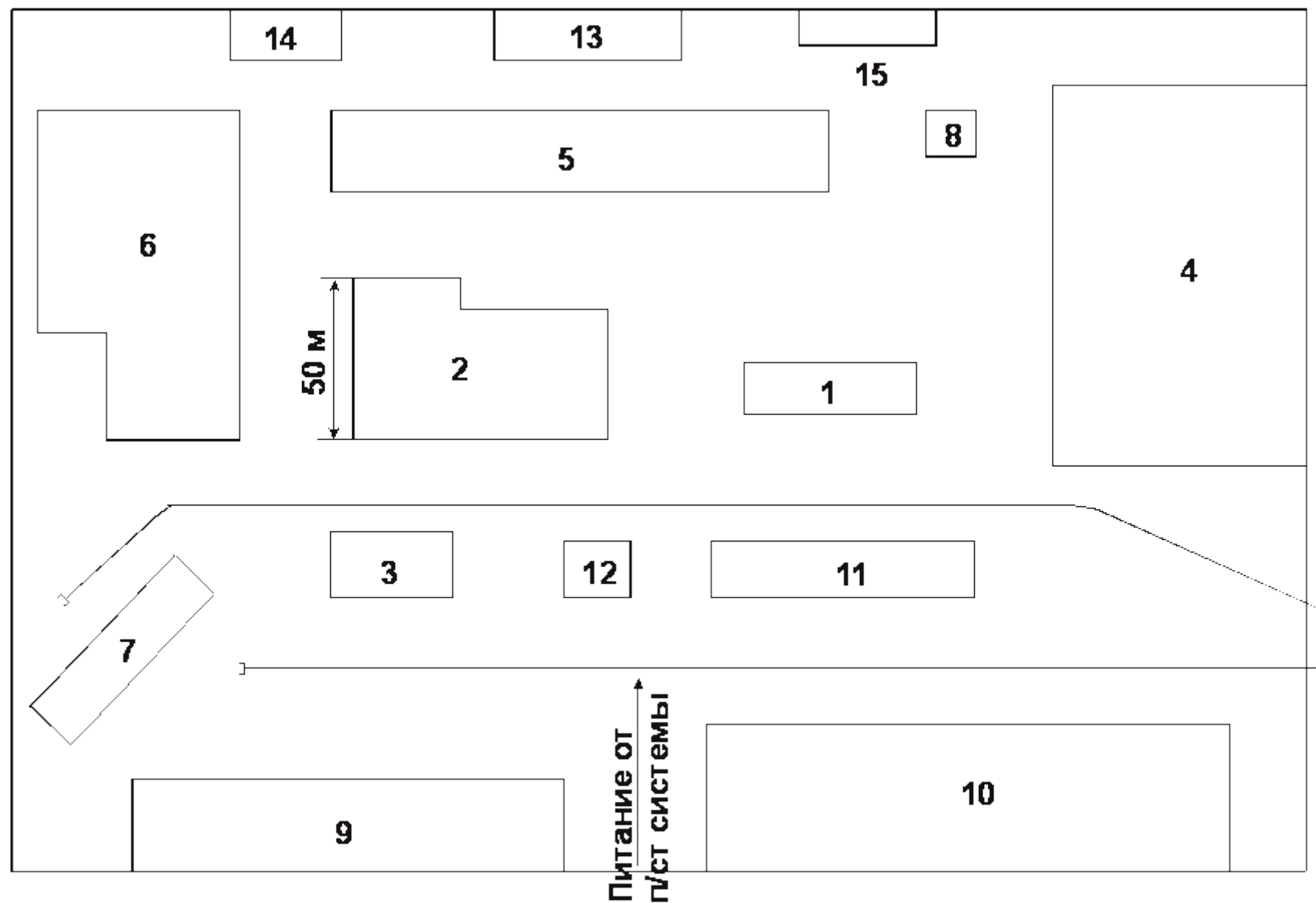


Рисунок 17- Генплан к заданию № 17

Задание № 18

Тема: «Электроснабжение трикотажной фабрики».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 18).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам фабрики.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы неограниченной мощности, на которой установлены два трансформатора мощностью по 25 МВА, напряжением 115/10,5 кВ (работа трансформаторов раздельная) или глухой отпайкой от транзитной двухцепной ЛЭП-37 кВ. Мощность к.з. в месте отпайки 600 МВА, а на стороне 115 кВ подстанции энергосистемы 1000 МВА.
4. Расстояние от энергосистемы до фабрики 5,5 км, от ЛЭП-37 – 13 км.
5. Фабрика работает в две смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Вязальный корпус	100	1-10	1450	120	1-20	1600
2*	Склад сырья	10	1-10	80	15	1-12	90

3*	Котонный цех	50	1-30	1280	60	1-35	1400
4	Основовязальный корпус	70	1-20	1500	75	1-25	1700
5	Красильно-отделочный корпус	70	1-80	2100	78	1-85	2400
6	Швейный корпус	200	1-10	610	250	1-15	800
7	Механический цех	30	1-30	300	330	1-25	400
8	Станция хим. подготовки	20	1-20	350	25	1-20	450
9	Цех нетканых материалов	40	1-40	510	44	1-40	560
10	Столовая	30	1-30	310	32	1-25	350
11	Насосная: СД 10кВ	2	500	1000	2	630	1260
12	Склад	10	1-20	70	15	1-20	90
13*	Административный корпус	20	1-10	120	28	1-20	150
14	Электроремонтный цех	36	4-30	200	40	5-35	250

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

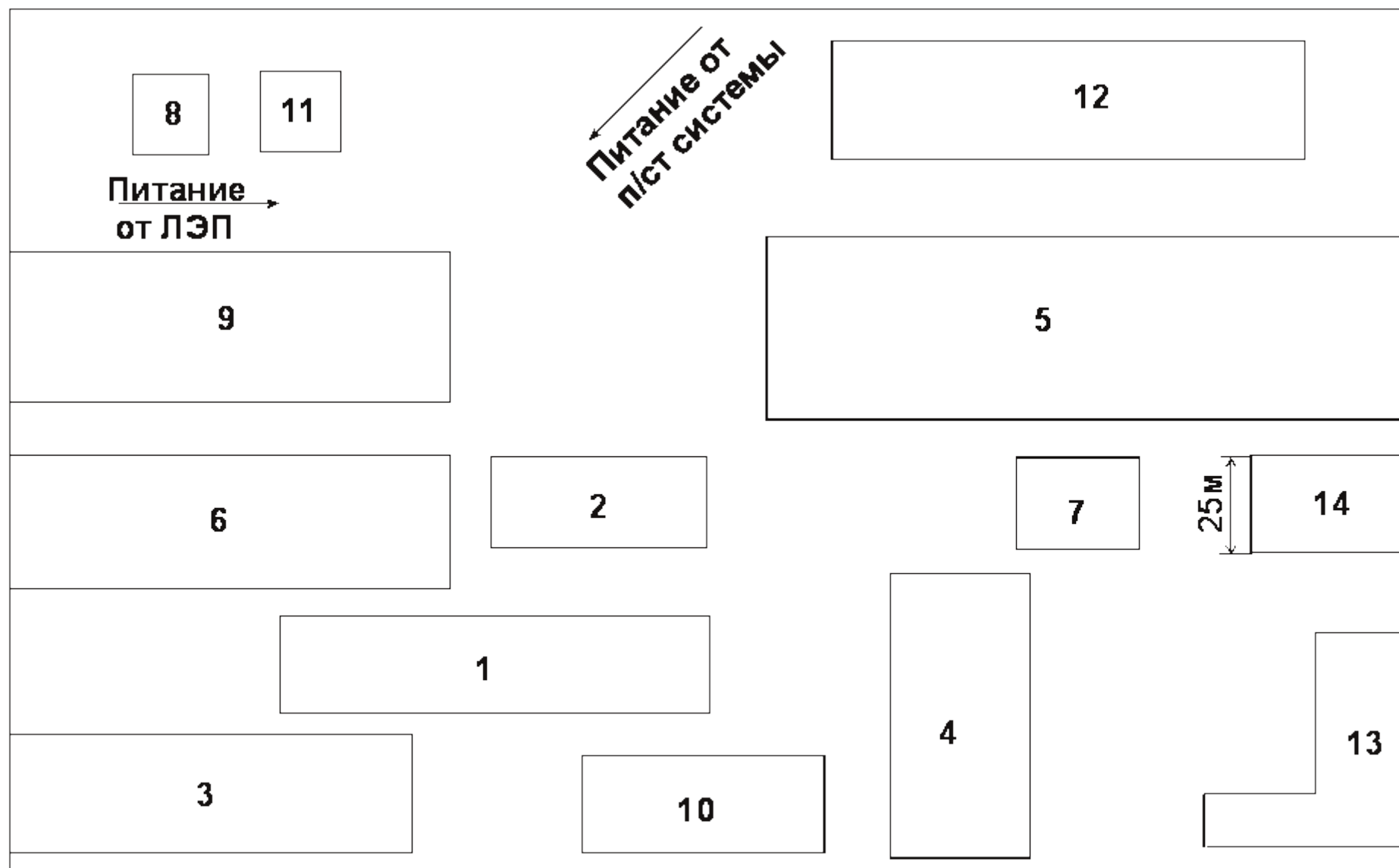


Рисунок 18 - Генплан к заданию № 18

Задание № 19

Тема: «Электроснабжение завода по переработке нефти».

Исходные данные на проектирование:

1. Схема генерального плана завода (рисунок 19).
2. Сведения об электрических нагрузках по цехам завода.
3. Питание может быть осуществлено от подстанции энергосистемы, на которой установлены два трехобмоточных трансформатора мощностью по 63 МВА, напряжением 115/37/6,3 кВ. Трансформаторы работают отдельно. Мощность к.з. на стороне 115 кВ равна 1400 МВА.
4. Расстояние от энергосистемы до завода 5,5 км.
5. Завод работает в три смены.

Электрические нагрузки

№№ п/п	Наименование	Вариант А			Вариант Б		
		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		Кол-во ЭП, п	Установленная мощность, кВт	
			Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н		Одного ЭП, Р _н	Σ Р _н
1	Установка прямой гонки	50	10-80	1810	60	1-85	2500
2	Сырьевой парк №1	30	1-40	234	32	1-40	280

3*	Установка термического крекинга	50	10-80	1660	56	8-75	1800
4	Элоу	50	1-150	1560	55	1-140	1600
5	Сырьевой парк №2	20	1-30	290	22	1-35	310
6	Установка каталитического крекинга	50	10-80	2860	56	10-85	3000
7*	Товарно-насосная	15	10-250	1600	17	10-200	1700
8	Водозабор:						
	а) 0,4 кВ	15	1-40	210	20	1-40	300
	б) СД 6 кВ	4	800	3600	4	630	2520
9	Электроремонтный цех	40	3-35	250	45	5-40	300
10	Сырьевой цех	20	1-40	750	25	1-40	800
11	Парк готовой продукции	20	1-40	480	26	1-45	500
12	Нефтеловушка	15	7-20	120	18	10-20	180
13	Ремонтно-механический цех	20	10-20	300	24	10-25	350
14*	Заводоуправление	50	1-10	450	48	1-15	500
15	Склад	5	3-5	23	10	5-10	40

* Для этих цехов произвести светотехнический и электрический расчеты осветительной установки.

Для остальных цехов освещение определить по площади и коэффициенту спроса.

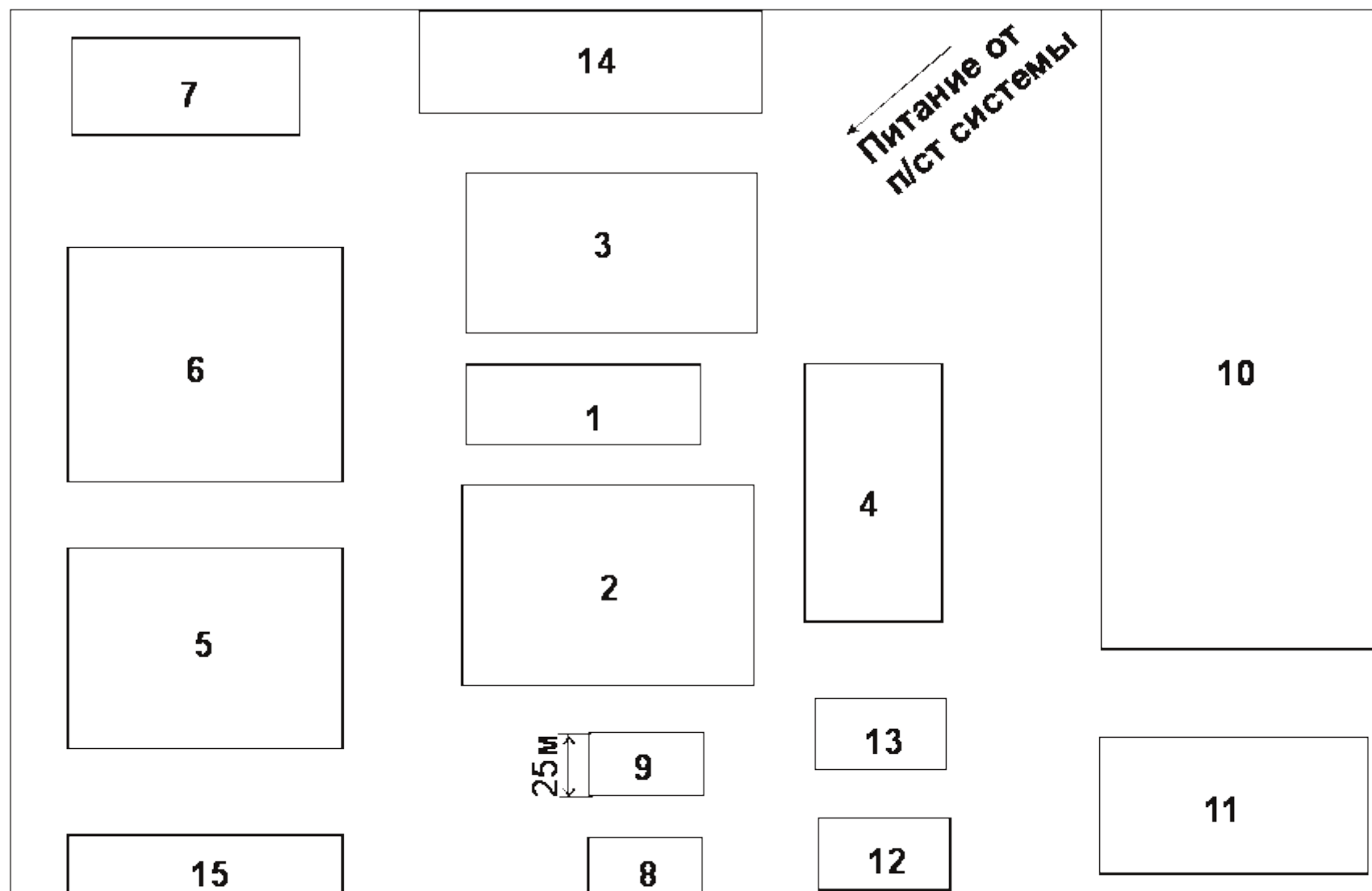
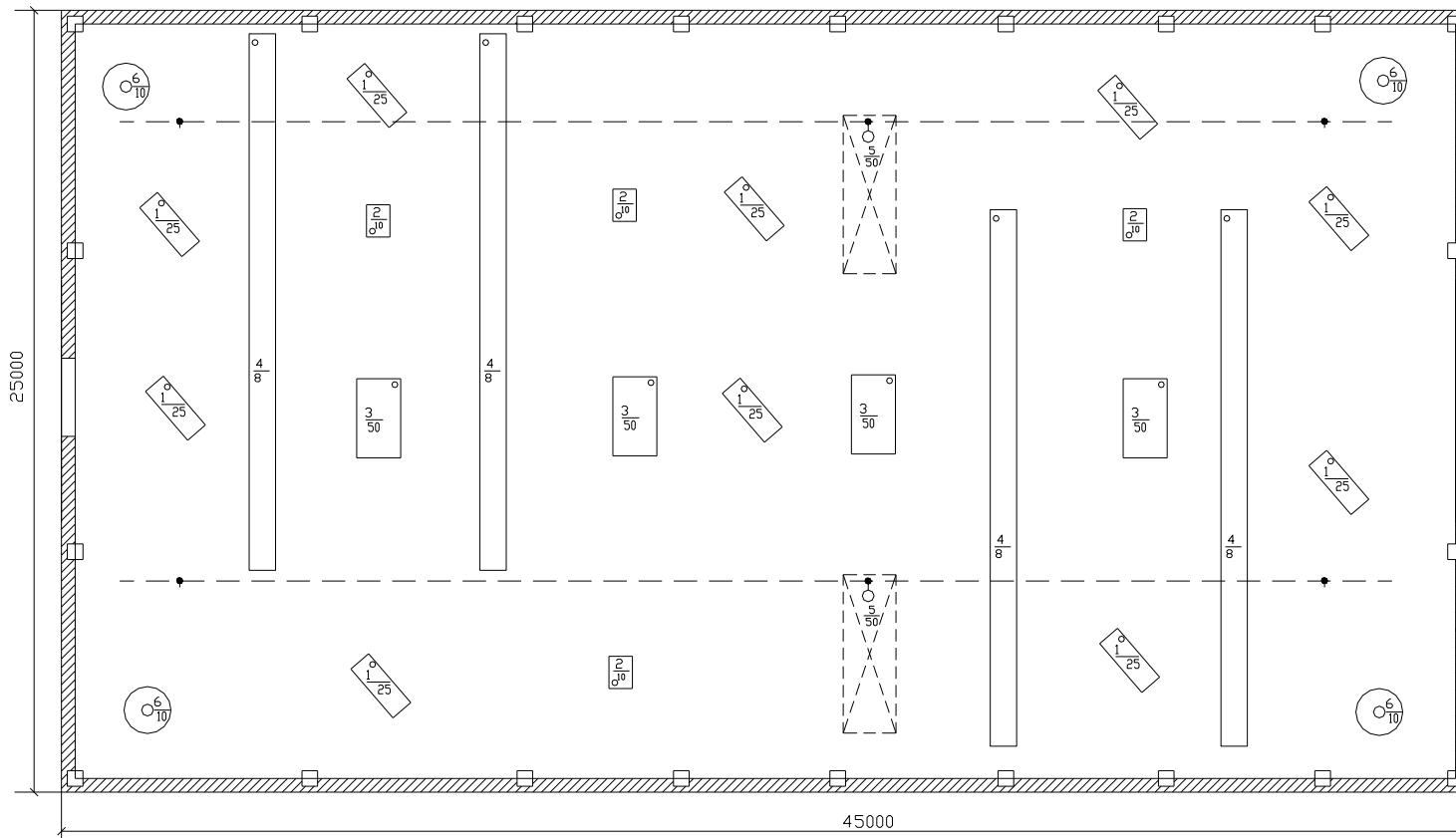


Рисунок 19 - Генплан к заданию № 19

Приложение 1

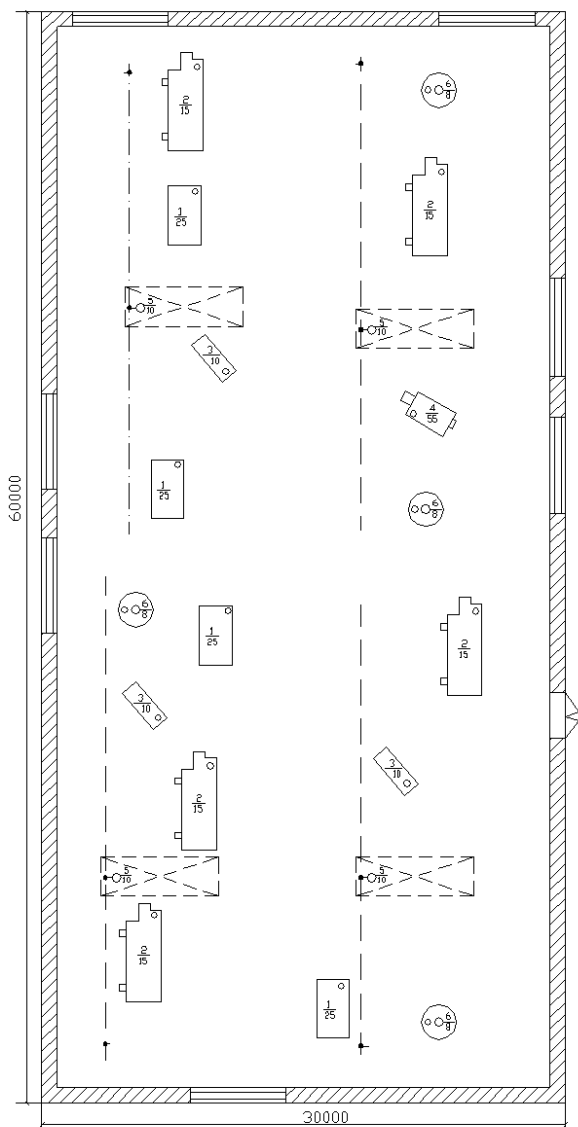
Вариант 1. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Формовочные машины	10	25
2	Мельницы	4	10
3	Центрифуги	4	50
4	Транспортеры	4	8
5	Краны ПВ=40%	2	50
6	Вентиляторы	4	10



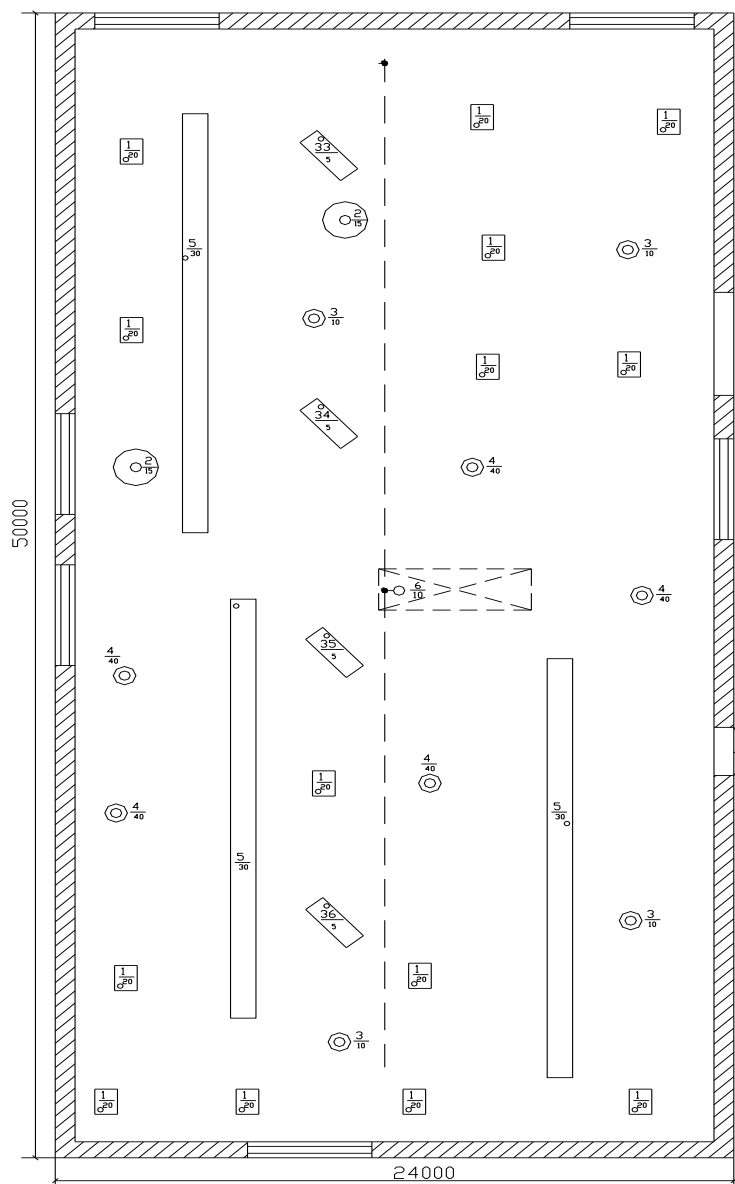
Вариант 2. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Электродвигатели (марки 4А) для пил	4	25
2	Двигатели (марки 4А) для станков деревообработки	5	15
3	Двигатели (марки 4А) для токарных станков	3	10
4	Двигатель (марки 4А) для вентиляции	1	55
5	Кран-балки ПВ= 25%	4	10
6	Вентиляторы	4	8



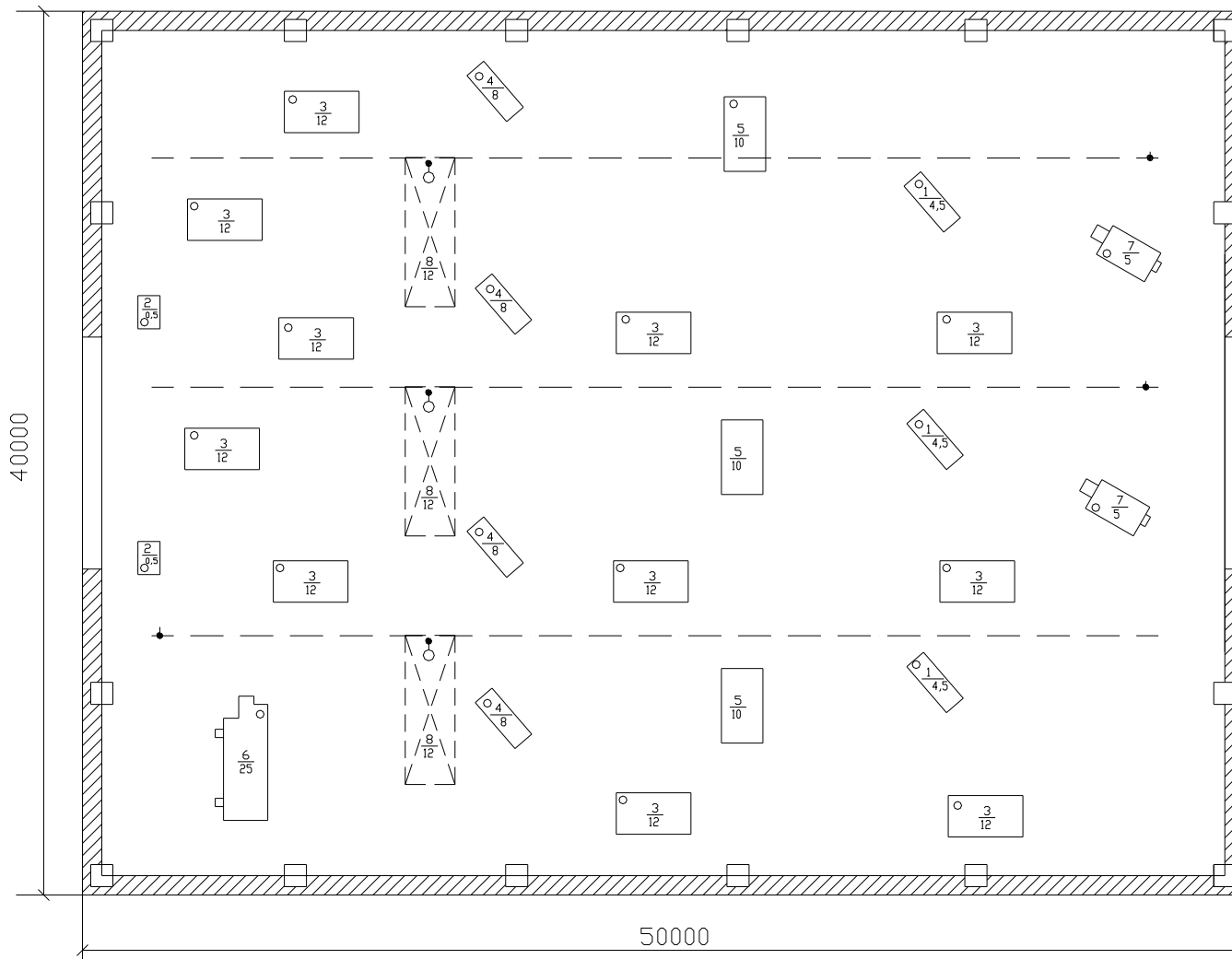
Вариант 3. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Формовочные машины	14	20
2	Мельницы	2	15
3	----- // -----	4	10
4	Центрифуги	5	40
5	Транспортеры	3	30
6	Кран-балки ПВ=25%	1	10



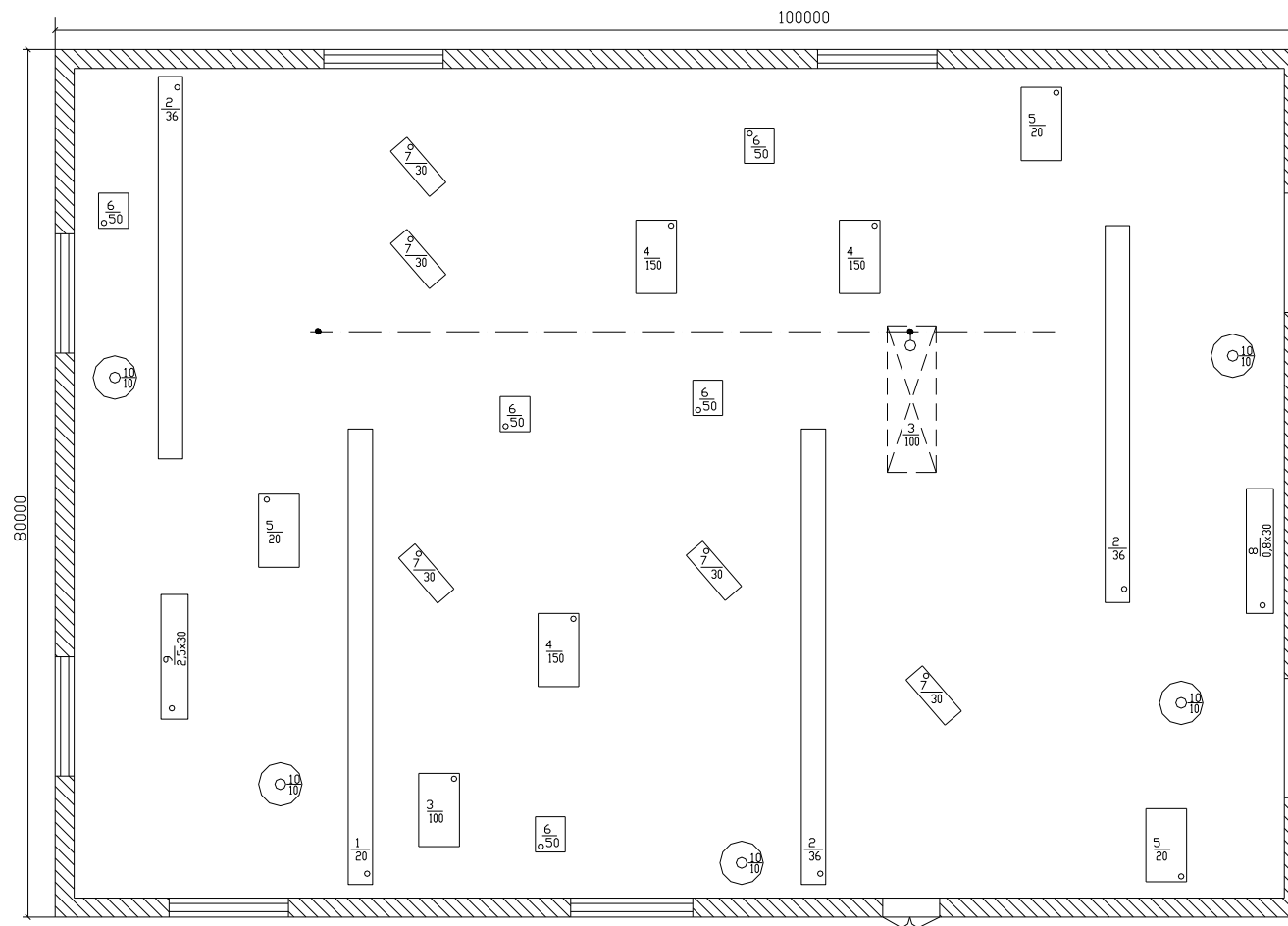
Вариант 4. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Сверлильные станки	3	4,5
2	----- // -----	2	0,5
3	Токарно-винторезные станки	11	12
4	Строгальные станки	4	8
5	Фрезерные станки	3	10
6	----- // -----	1	25
7	Зигмашины (ЗМ-4)	2	5
8	Краны и тали грузоподъемностью по 5т ПВ=40%	3	12



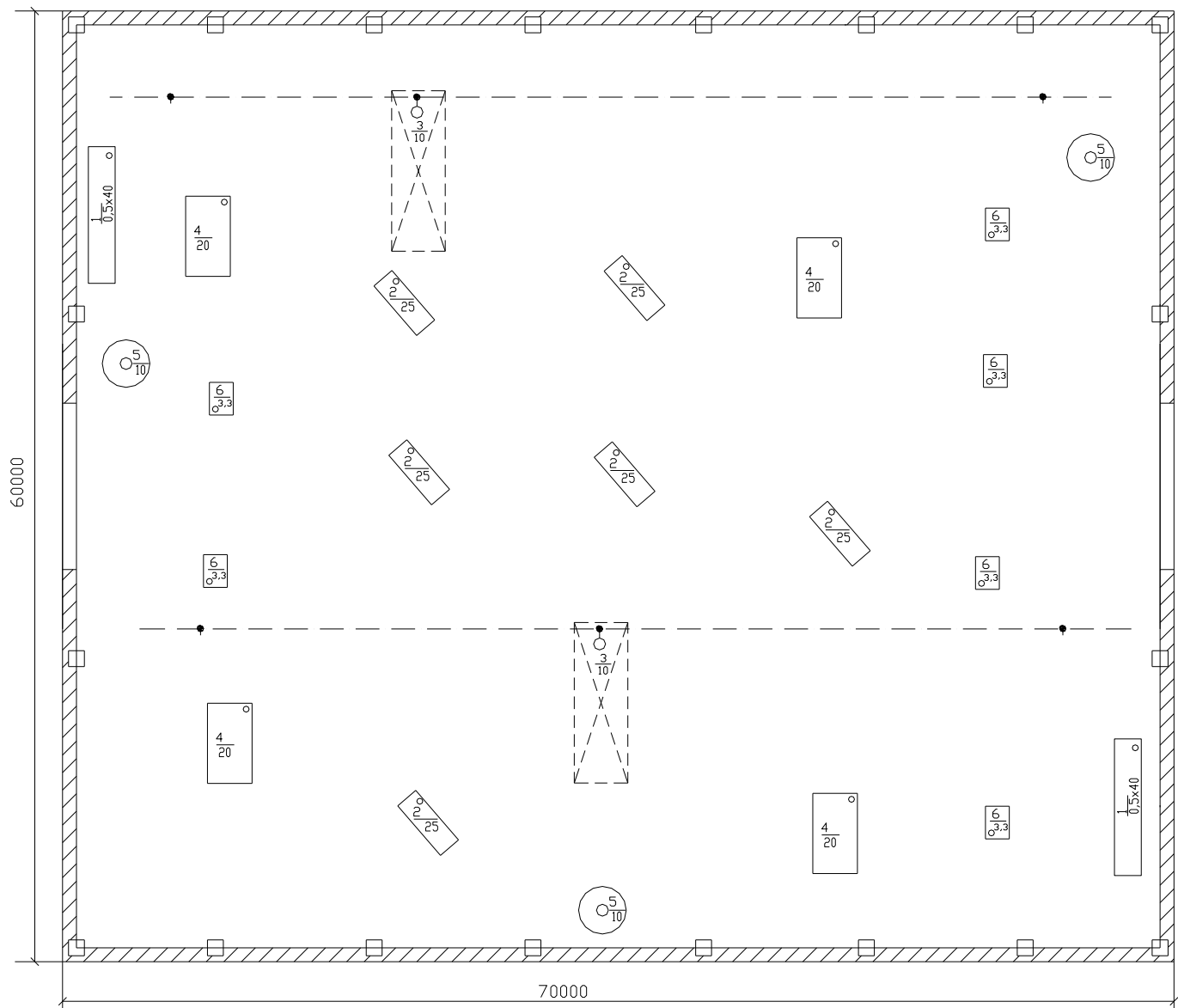
Вариант 5. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Конвейеры	1	20
2	----- //	3	36
3	Мостовой кран ПВ=40%	1	100
4	Испытательные стенды	3	150
5	Кран-балки ПВ=25%	3	20
6	Металлообрабатывающие станки	5	50
7	----- //	5	30
8	Гильотина ПВ= 40%	1	18
9	Сверлильный станок	1	2,5
10	Вентиляторы	5	10



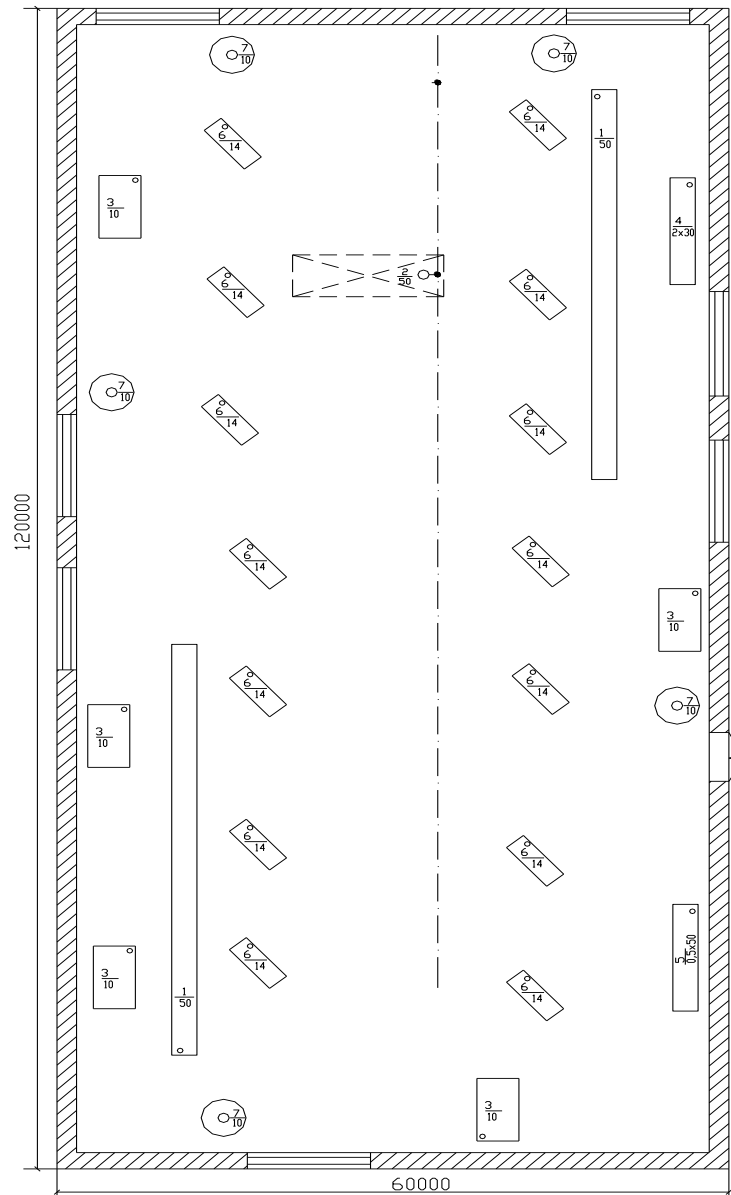
Вариант 6. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Муфельная печь	1	15
2	Металлообрабатывающие станки	6	25
3	Кран грузоподъемностью 5т ПВ= 25%	2	10
4	Электроприводы деревообделочных станков	4	20
5	Вентилятор осевой	3	10
6	Сверлильные станки	6	3,3



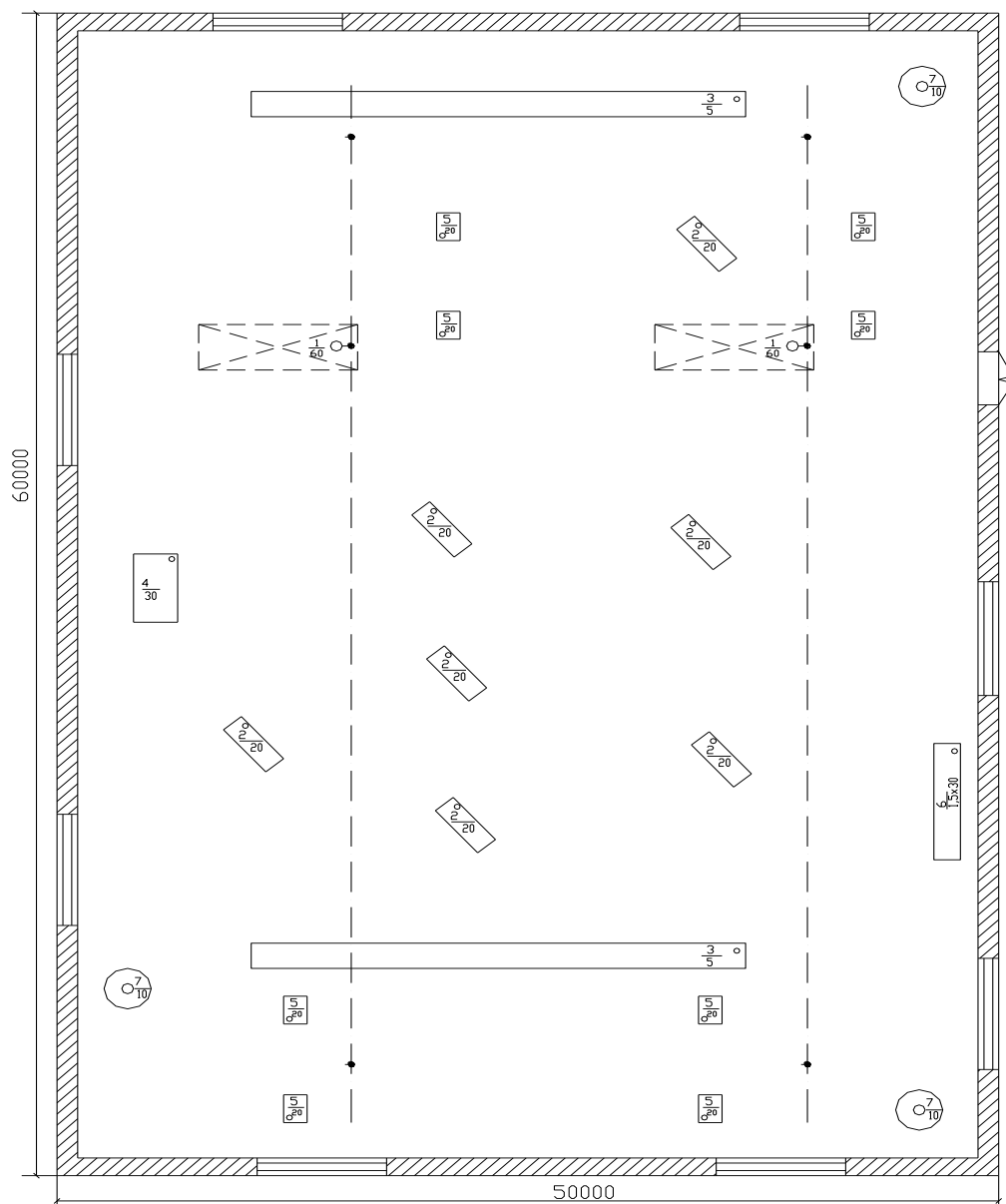
Вариант 7. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Электроприводы конвейеров	2	50
2	Мостовой кран ПВ=40%	1	50
3	Кран-балки ПВ=25%	5	10
4	Токарный станок	1	20
5	Сверлильный станок	1	1,5
6	Металлообрабатывающие станки	14	14
7	Вентиляторы	5	10



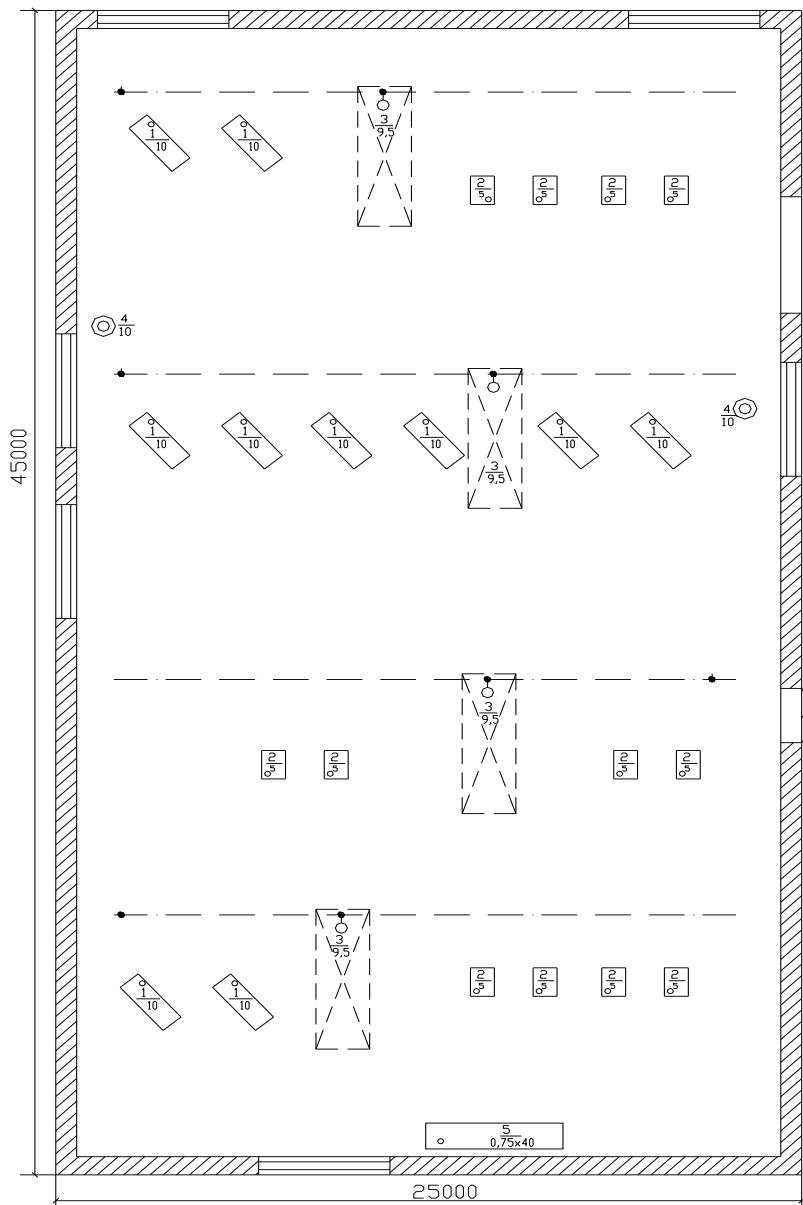
Вариант 8. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Мостовой кран ПВ=40%	2	60
2	Металлообрабатывающие станки	7	20
3	Транспортеры	2	5
4	Лифты	1	30
5	Фрезерные станки	8	20
6	Токарный станок	1	25
7	Вентиляторы	3	10



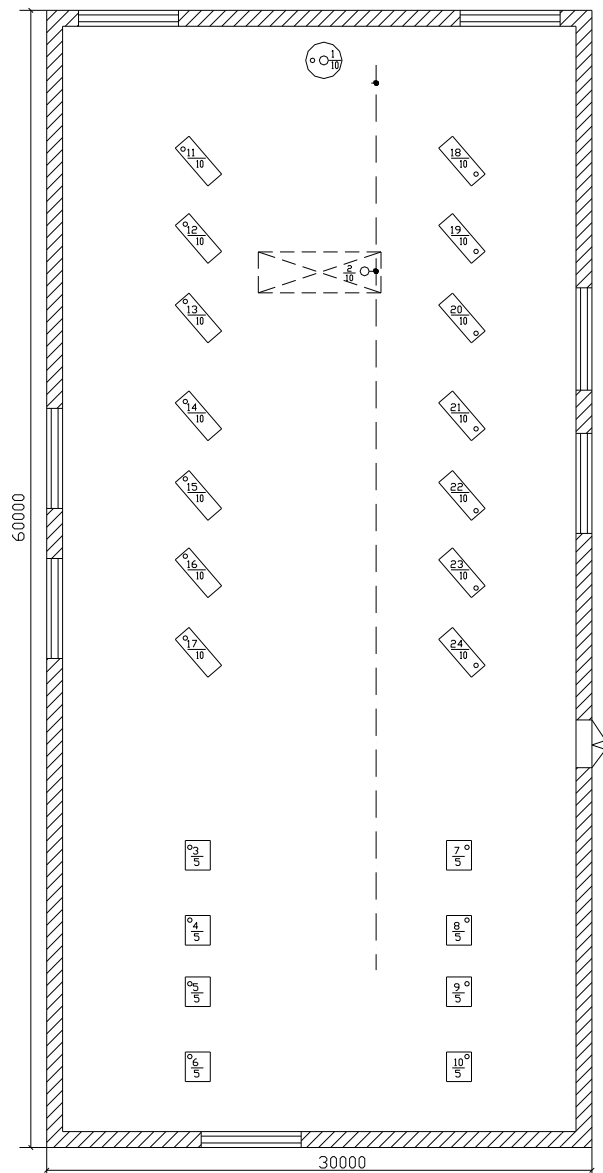
Вариант 9. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Станки деревообделочные (по 2 шт) – торцовочный, круглопильный, строгальный, рейсмусовый, токарный	10	10
2	Станки деревообделочные (по 2 шт) – фуговальный, лентопильный, цепнодолбежный, фрезерный, шипорезный, сверлильный	12	5
3	Краны и тали грузоподъемностью по 5т (ПВ=40%)	4	15
4	Вентиляторы осевые	2	10
5	Сверлильный станок	1	7,5



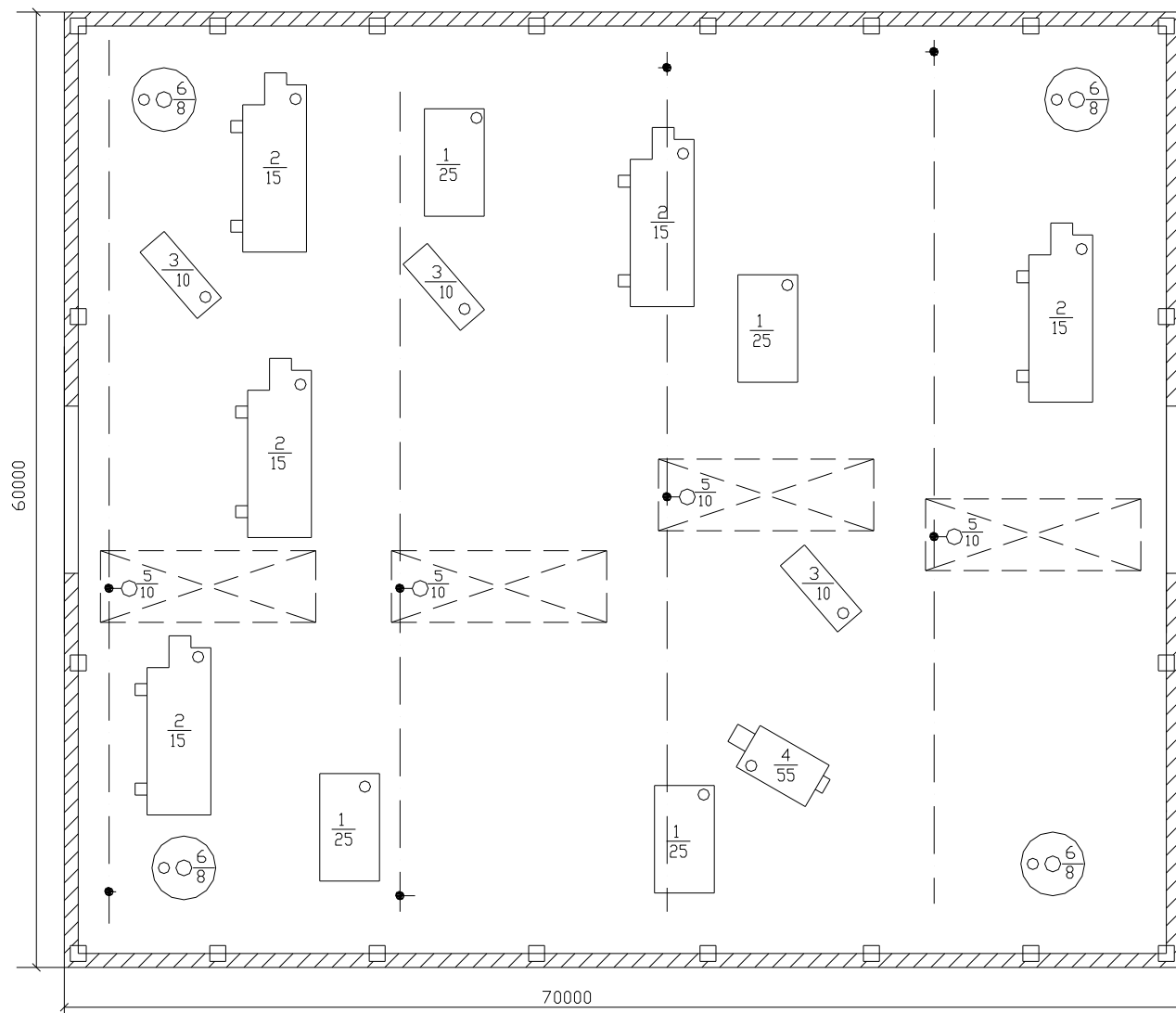
Вариант 10. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Электроприводы деревообделочных станков (по 2шт) – круглопильного, ленточного, рейсмусовый, токарного, фуговального, шлифовального, копировально-фрезерного	14	10
2	Электроприводы деревообделочных станков (по 2шт) – сверлильного, пазовального, ажурно-фрезерного, фрезерного	8	5
3	Кран грузоподъемностью 5т ПВ=25%	1	10
4	Вентилятор осевой	1	10



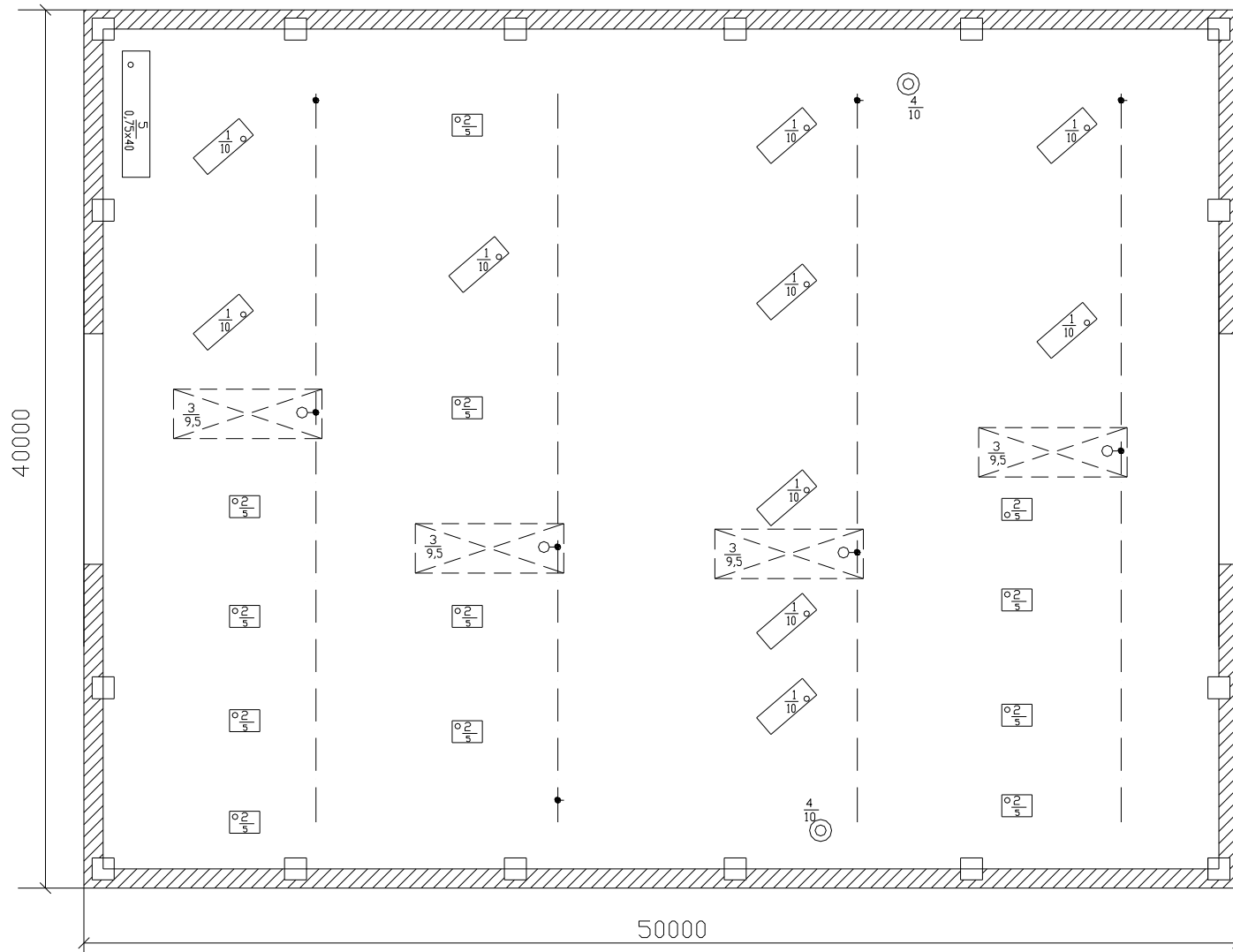
Вариант 11. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Электродвигатели (марки 4А) для пил	4	25
2	Двигатели (марки 4А) для станков деревообработки	5	15
3	Двигатели (марки 4А) для токарных станков	3	10
4	Двигатель (марки 4А) для вентиляции	1	55
5	Кран-балки ПВ=25%	4	10
6	Вентиляторы	4	8



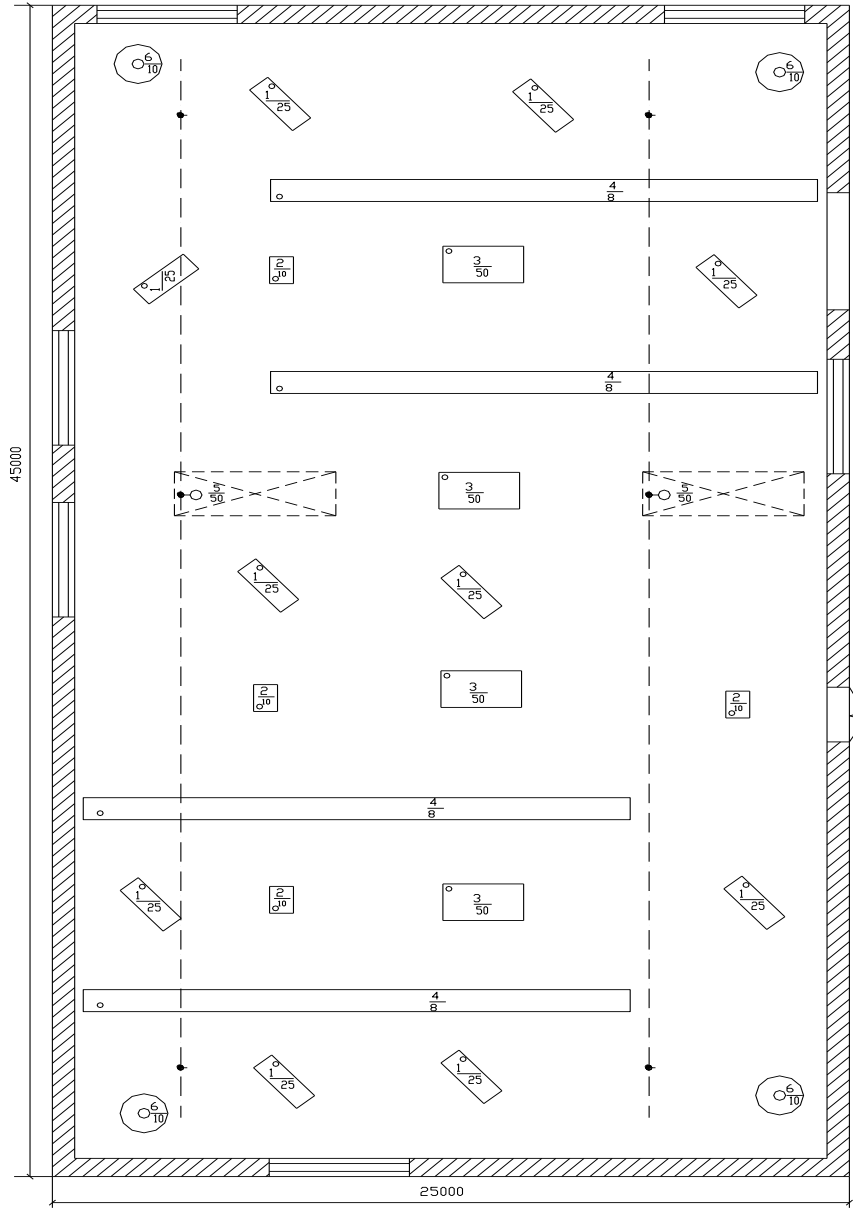
Вариант 12. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Станки деревообделочные (по 2 шт) – торцовочный, круглопильный, строгальный, рейсмусовый, токарный	10	10
2	Станки деревообделочные (по 2 шт) – фуговальный, лентопильный, цепнодолбежный, фрезерный, шипорезный, сверлильный	12	5
3	Краны и тали грузоподъемностью по 5т (ПВ=40%)	4	15
4	Вентиляторы осевые	2	10
5	Токарный станок	1	17,5



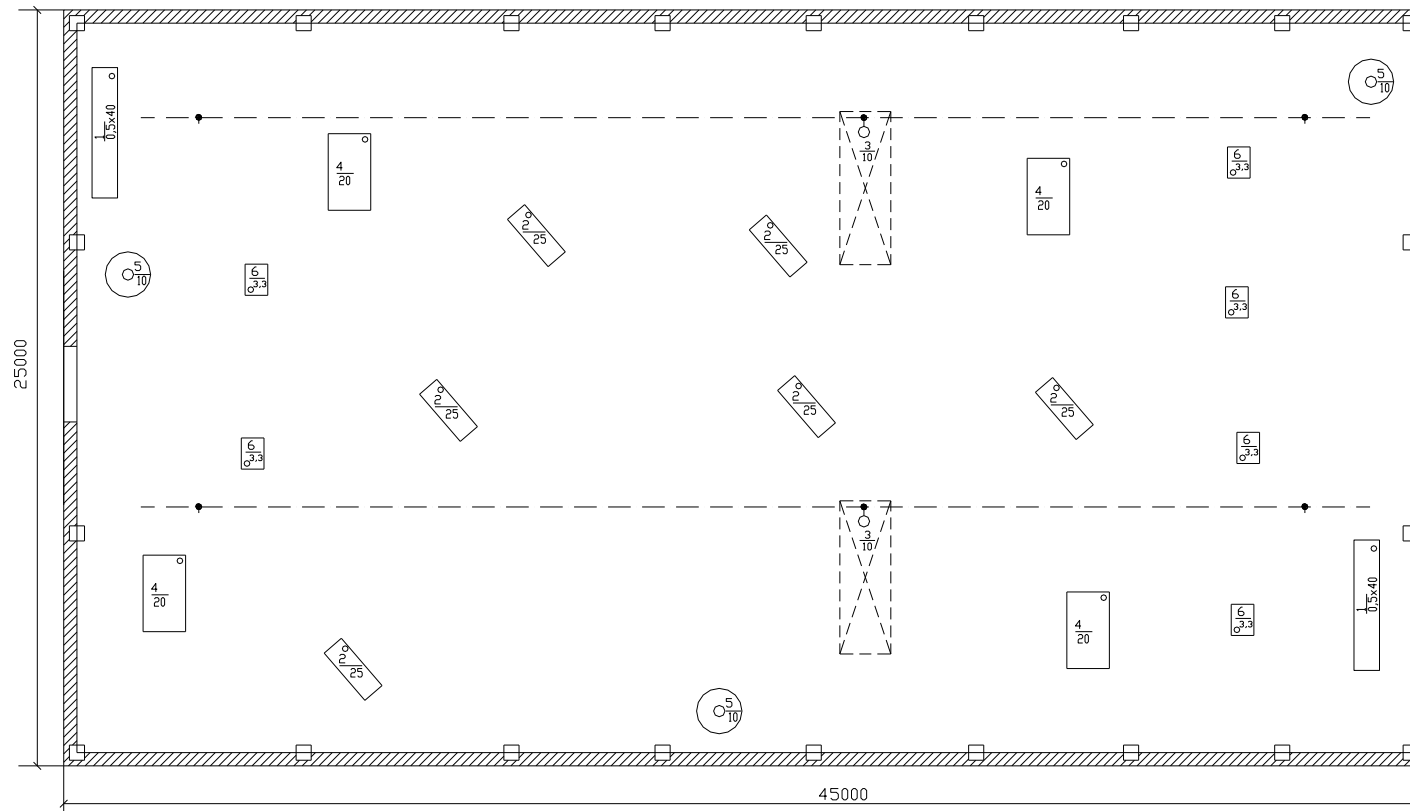
Вариант 13. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Формовочные машины	10	25
2	Мельницы	4	10
3	Центрифуги	4	50
4	Транспортеры	4	8
5	Краны ПВ=40%	2	50
6	Вентиляторы	4	10



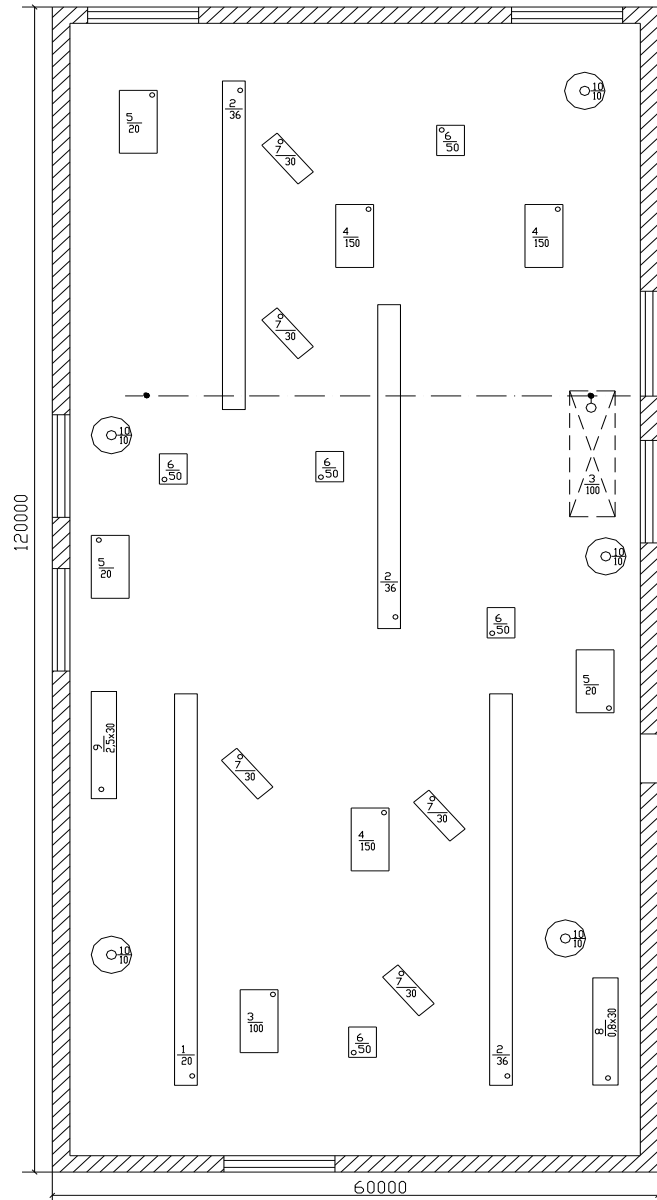
Вариант 14. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Тигель	1	14
2	Металлообрабатывающие станки	6	25
3	Кран грузоподъемностью 5т ПВ=25%	2	10
4	Электроприводы деревообделочных станков	4	20
5	Вентилятор осевой	3	10
6	Сверлильные станки	6	3,3



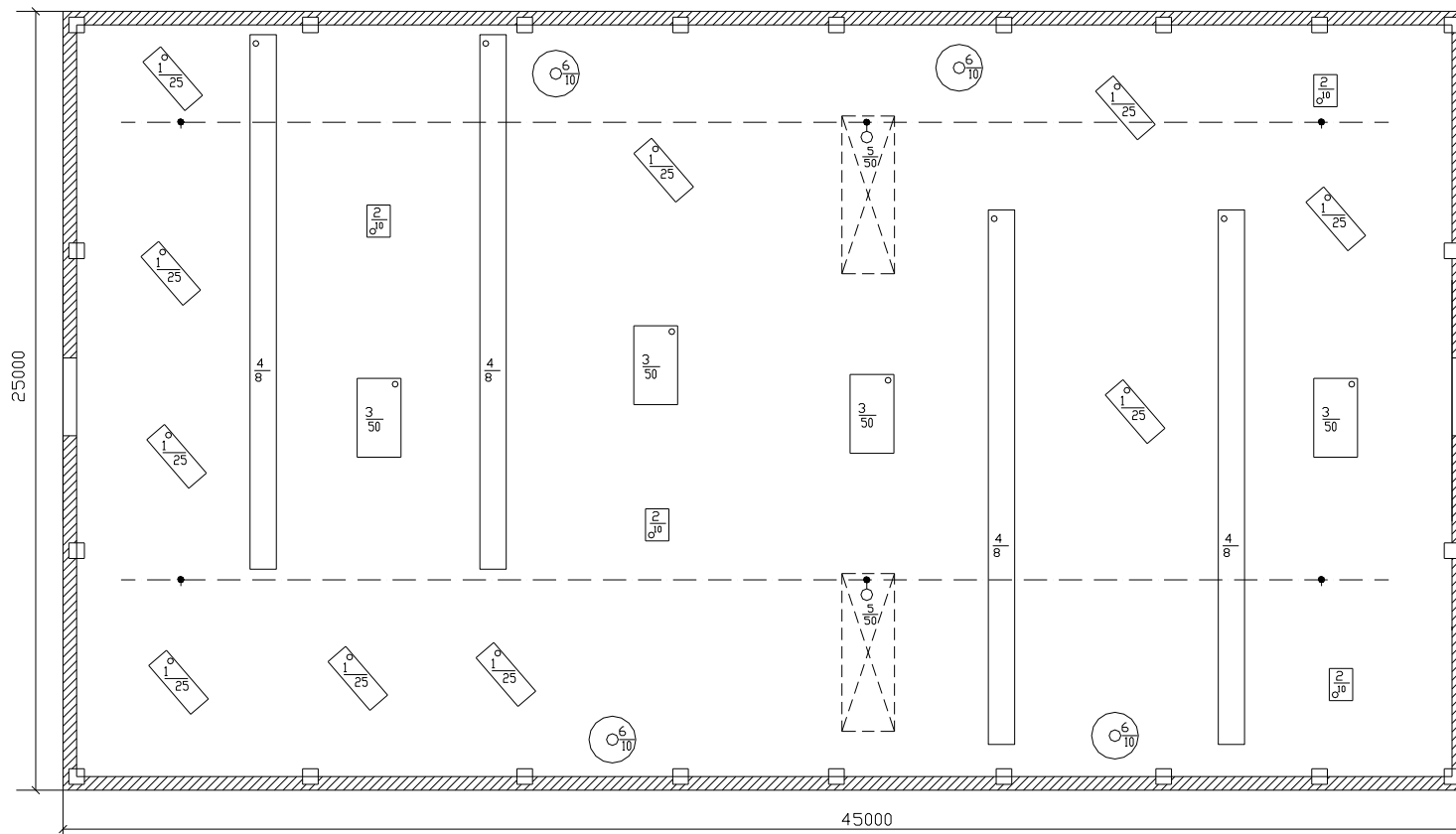
Вариант 15. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Конвейеры	1	20
2	----- // -----	3	36
3	Мостовой кран ПВ=40%	1	100
4	Испытательные стенды	3	150
5	Кран-балки ПВ=25%	3	20
6	Металлообрабатывающие станки	5	50
7	----- // -----	5	30
8	Токарный станок	1	18
9	Сверлильный станок	1	2,5
10	Вентиляторы	5	10



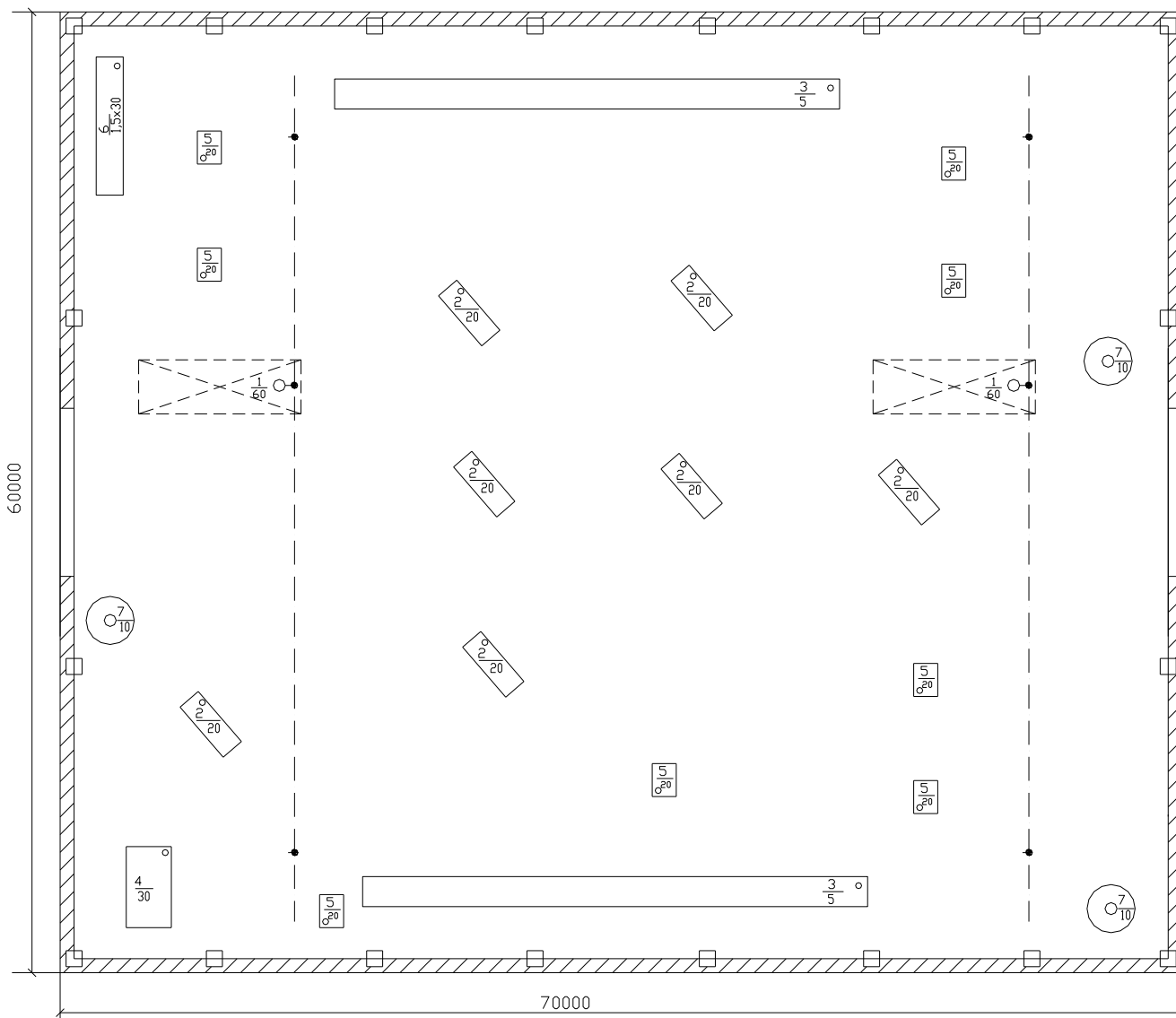
Вариант 16. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Формовочные машины	10	25
2	Мельницы	4	10
3	Центрифуги	4	50
4	Транспортеры	4	8
5	Краны ПВ=40%	2	50
6	Вентиляторы	4	10



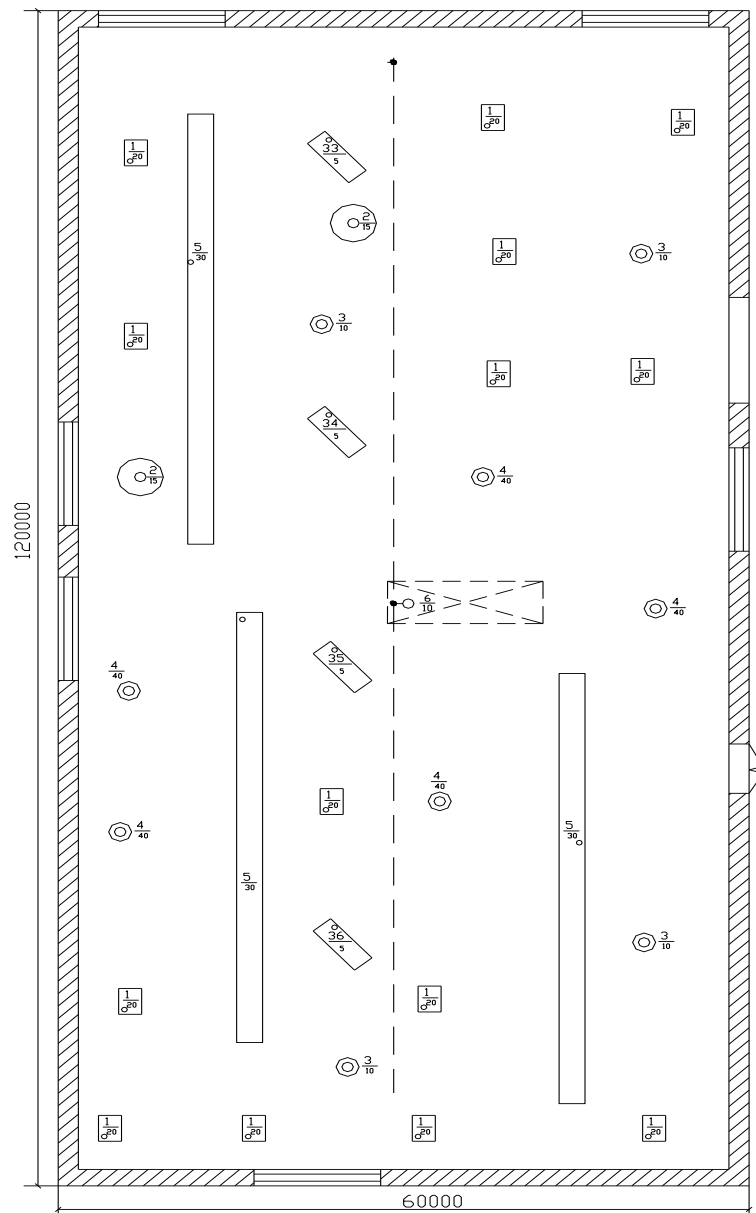
Вариант 17. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Мостовой кран ПВ=40%	2	60
2	Металлообрабатывающие станки	7	20
3	Транспортеры	2	5
4	Лифты ПВ=25%	1	30
5	Фрезерные станки	8	20
6	Станок токарный	1	15
7	Вентиляторы	3	10



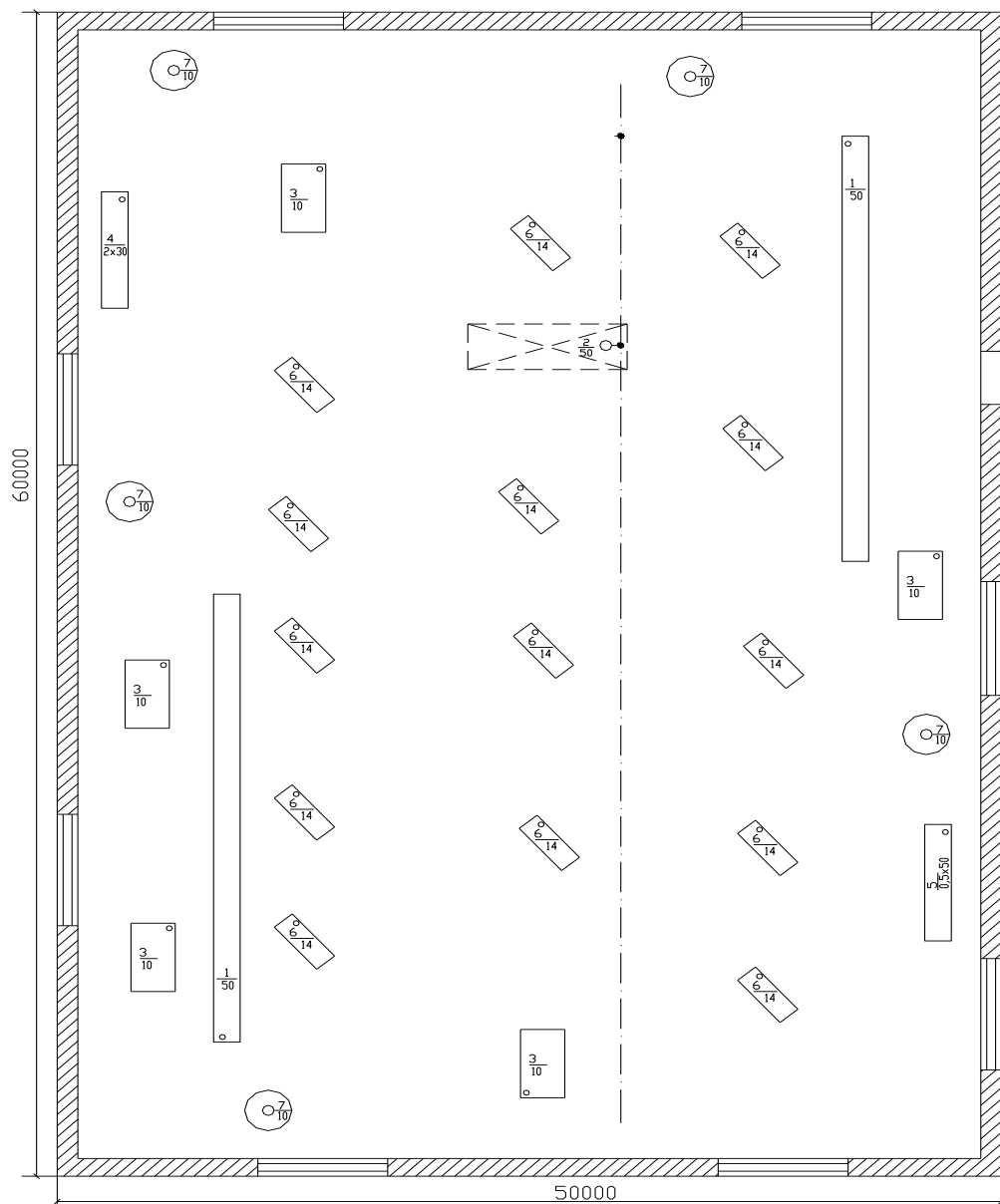
Вариант 18. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Формовочные машины	14	20
2	Мельницы	2	15
3	----- // -----	4	10
4	Центрифуги	5	40
5	Сверлильные станки	4	5
6	Транспортеры	3	30
7	Кран-балки ПВ=25%	1	10



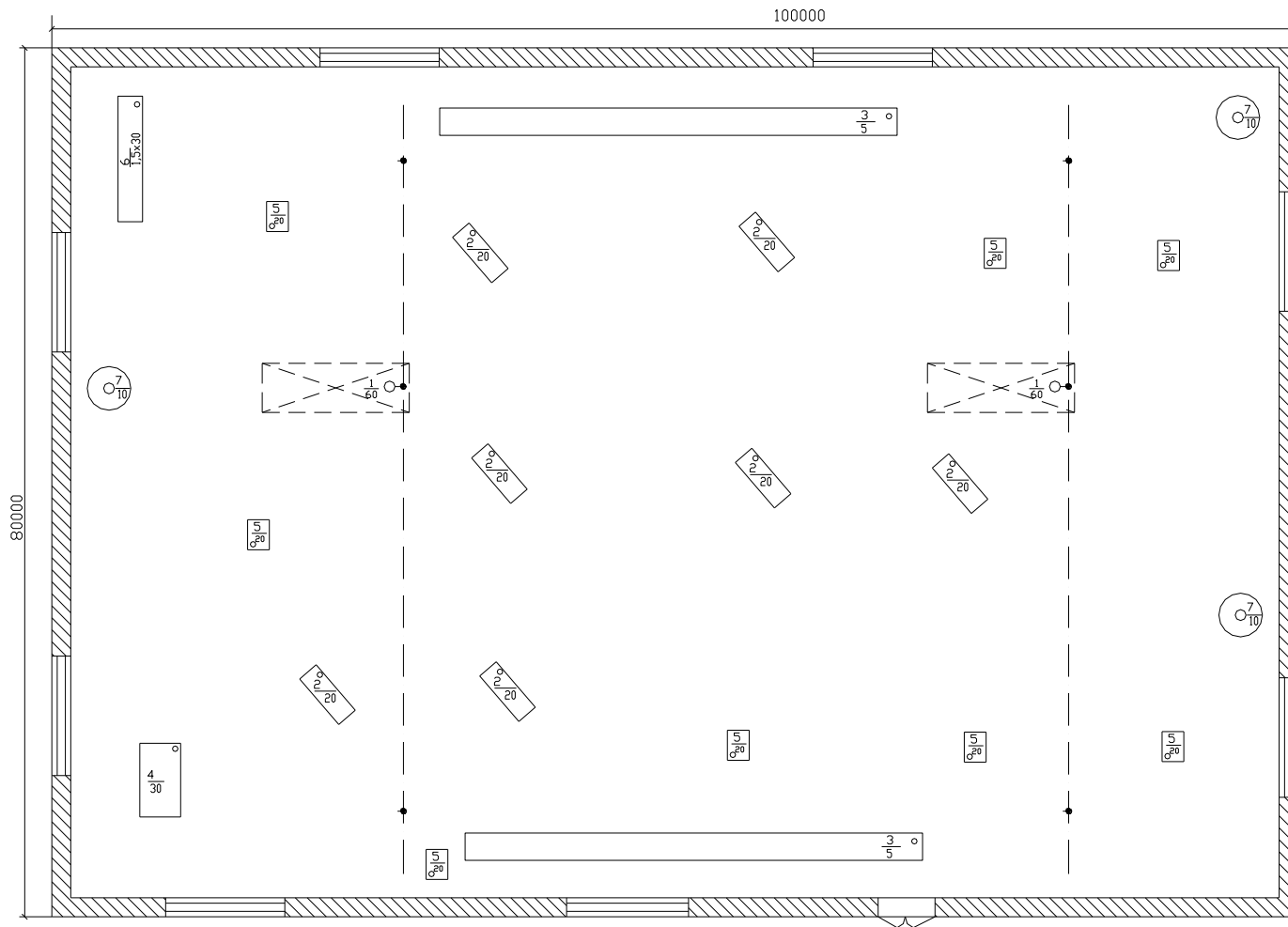
Вариант 19. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Электроприводы конвейеров	2	50
2	Мостовой кран ПВ=25%	1	50
3	Кран-балки ПВ=25%	5	10
4	Электроножницы	1	5
5	Сверлильный станок	1	3,5
6	Металлообрабатывающие станки	14	14
7	Вентиляторы	5	10



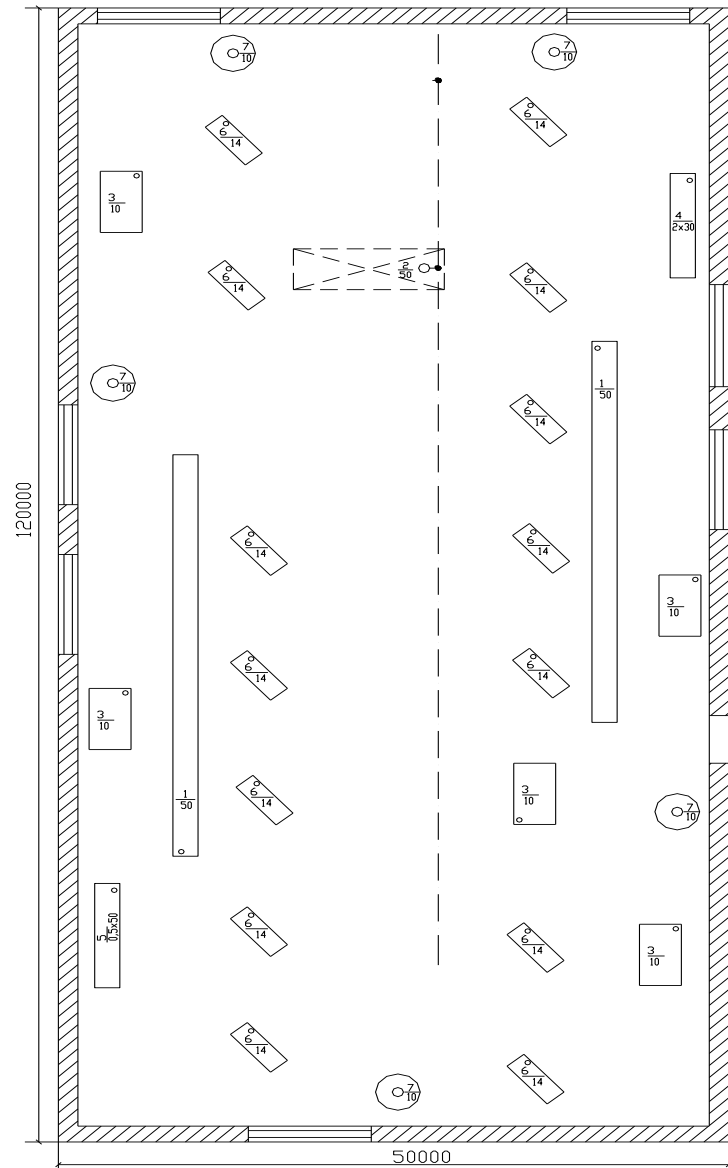
Вариант 20. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Мостовой кран ПВ=40%	2	60
2	Металлообрабатывающие станки	7	20
3	Транспортеры	2	5
4	Лифты ПВ=25%	1	30
5	Фрезерные станки	8	20
6	Сверлильный станок	1	4
7	Вентиляторы	3	10



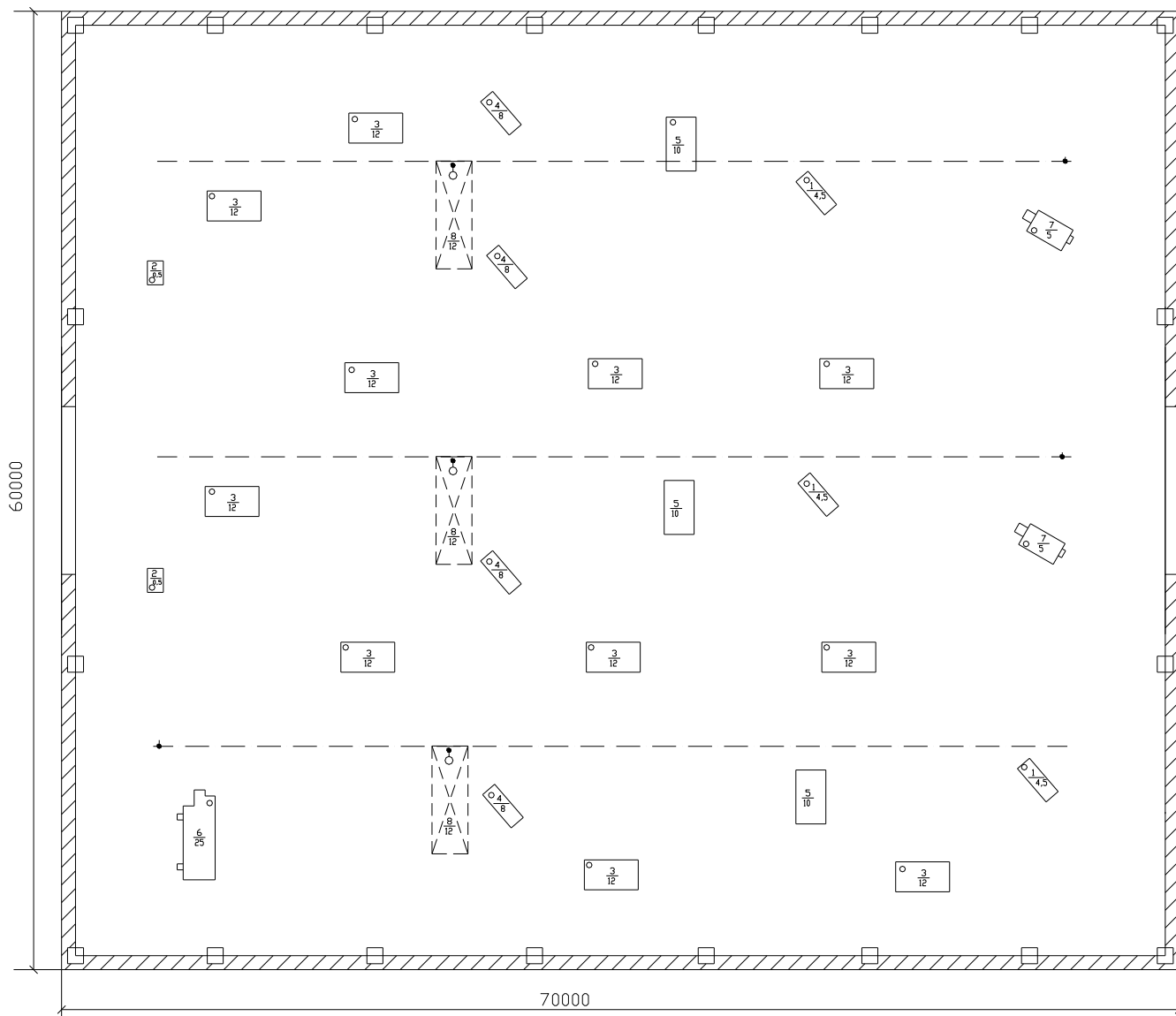
Вариант 21. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Электроприводы конвейеров	2	50
2	Мостовой кран ПВ=40%	1	50
3	Кран-балки ПВ=25%	5	10
4	Электроножницы	1	8
5	Сверлильный станок	1	2,5
6	Металлообрабатывающие станки	14	14
7	Вентиляторы	5	10



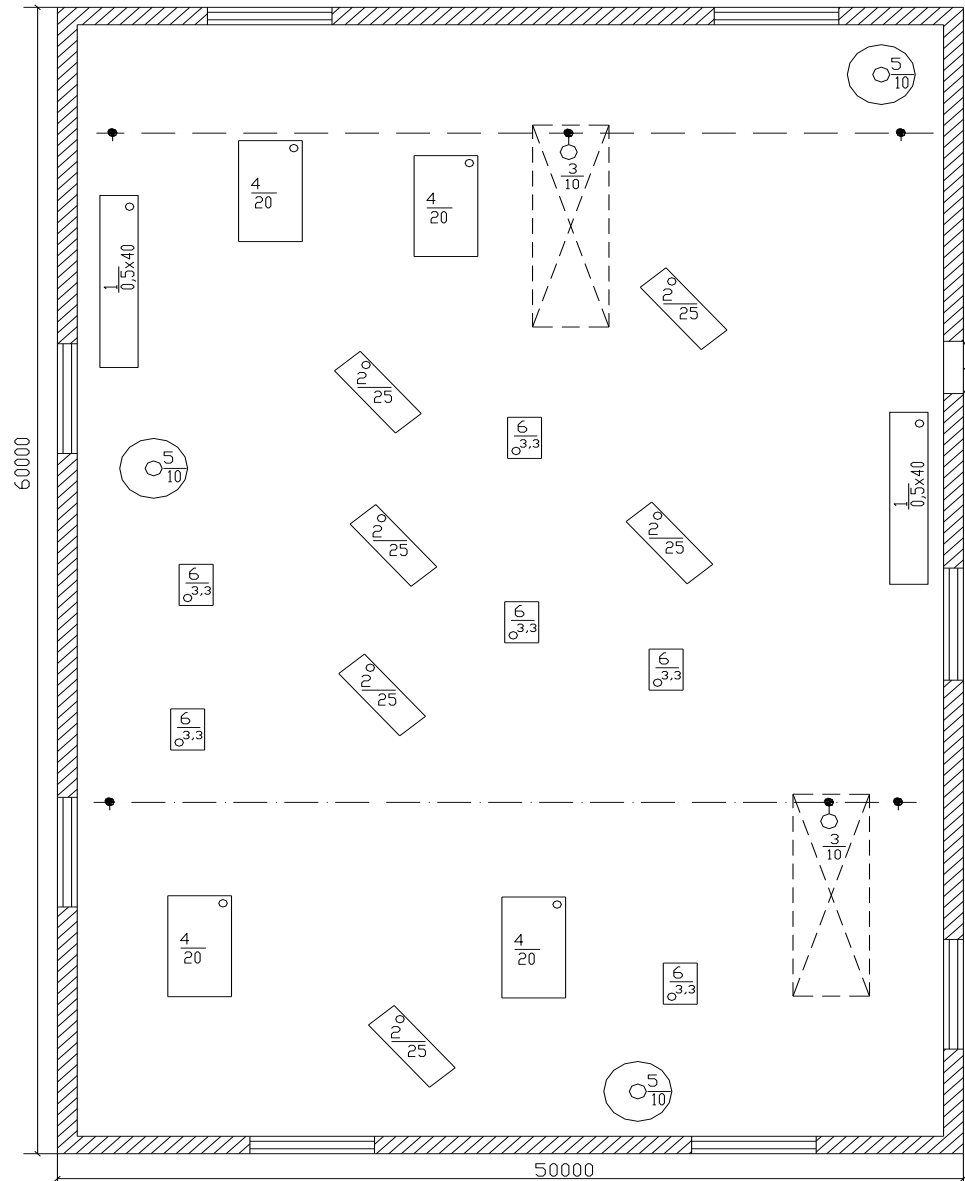
Вариант 22. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Сверлильные станки	3	4,5
2	----- // -----	2	0,5
3	Токарно-винторезные станки	11	12
4	Строгальные станки	4	8
5	Фрезерные станки	3	10
6	----- // -----	1	25
7	Зигмашины (ЗМ-4)	2	5
8	Краны и тали грузоподъемностью по 5т ПВ=25%	3	12



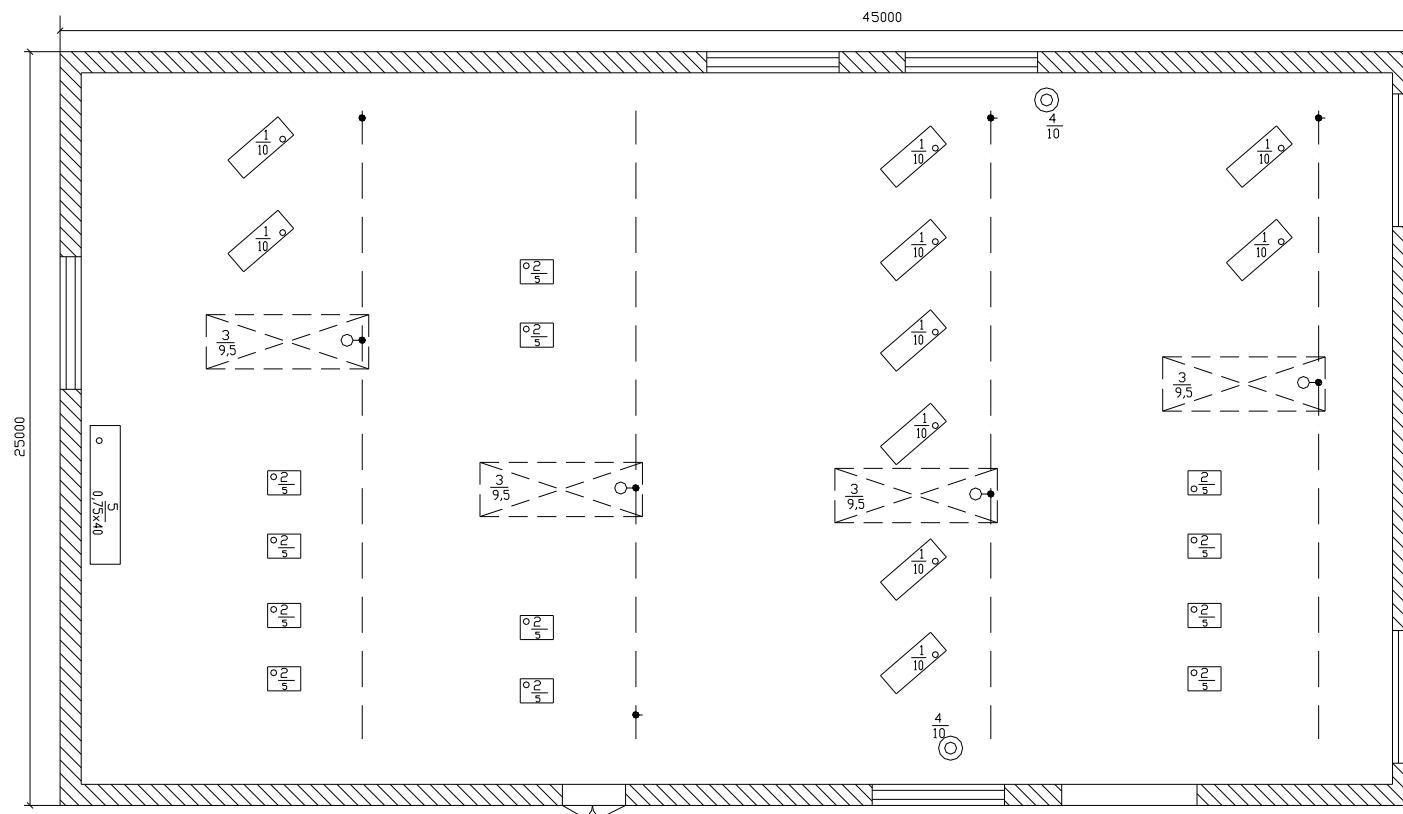
Вариант 23. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	n, шт	P _н , кВт
1	Сварочный аппарат ПВ = 40%	1	17,5кВа
2	Металлообрабатывающие станки	6	25
3	Кран грузоподъемностью 5т ПВ=25%	2	10
4	Электроприводы деревообделочных станков	4	20
5	Вентилятор осевой	3	10
6	Сверлильные станки	6	3,3



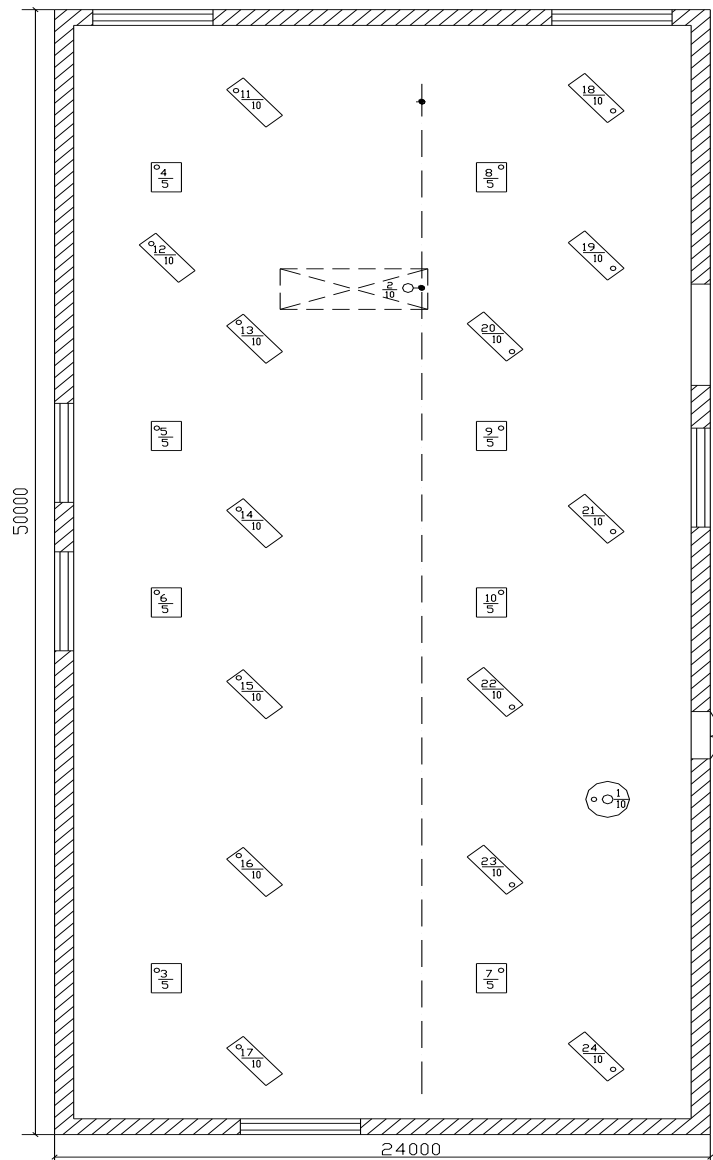
Вариант 24. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Станки деревообделочные (по 2 шт) – торцовочный, круглопильный, строгальный, рейсмусовый, токарный	10	10
2	Станки деревообделочные (по 2 шт) – фуговальный, лентопильный, цепнодолбежный, фрезерный, шипорезный, сверлильный	12	5
3	Краны и тали грузоподъемностью по 5т (ПВ=40%)	4	15
4	Вентиляторы осевые	2	10
5	Сварочный аппарат ПВ=40%	1	17,5кВа



Вариант 25. Электрические нагрузки Цеха

№ п/п	Наименование оборудования	п, шт	P _н , кВт
1	Электроприводы деревообделочных станков (по 2шт) – круглопильного, ленточного, рейсмусовый, токарного, фуговального, шлифовального, копировально-фрезерного	14	10
2	Электроприводы деревообделочных станков (по 2шт) – сверлильного, пазовального, ажурно-фрезерного, фрезерного	8	5
3	Кран грузоподъемностью 5т ПВ=25%	1	10
4	Вентилятор осевой	1	10



2 Методические указания к выполнению курсового проекта

2.1 Выбор нормируемых параметров

Выбор требуемых параметров по нормам искусственного освещения производится, как правило, на основании отраслевых норм искусственного освещения, разработанных для многих отраслей промышленности, видов производства. При отсутствии отраслевых норм нормирования осуществляется по СП. Для определения величины освещенности в зависимости от вышеуказанных параметров требуется тщательное изучение технологического процесса, происходящего в освещаемом помещении.

При выполнении проекта уровень освещенности выбирается для каждого освещаемого помещения и указывается на чертеже плана. Для каждого помещения также выполняются максимально допустимые значения показателя ослепленности (или дискомфорта), цилиндрической освещенности и коэффициента пульсации.

2.2 Виды освещения

Искусственное освещение подразделяется на рабочее, аварийное, охранное и дежурное. *Рабочее* освещение обеспечивает необходимые условия при нормальном режиме работы ОУ, оно обязательно во всех помещениях и на открытых пространствах.

Охранное освещение - разновидность рабочего освещения, устанавливаемого по линии охраняемых границ территорий промышленных предприятий.

Аварийное освещение разделяется на освещение безопасности и эвакуационное.

Освещение безопасности обеспечивает минимально необходимые осветительные условия для продолжения работы при временном погасании рабочего освещения в помещениях и на открытых пространствах в случаях, когда отсутствие искусственного освещения может вызвать тяжелые последствия для людей, производственных процессов, нарушить нормальное функционирование жизненных центров предприятия и узлов обслуживания массовых потребителей. Согласно СП [1] освещение безопасности должно создавать освещенность не ниже 5 % нормируемой освещенности, но не менее 2 лк в помещениях и 1 лк снаружи. Освещенность более 30 лк при разрядных лампах и более 10 лк при лампах накаливания разрешается создавать при наличии соответствующих обоснований.

Эвакуационное освещение служит для безопасной эвакуации людей из помещений и с открытых пространств при аварийном погасании рабочего освещения. Эвакуационное освещение должно создавать освещенность не менее 0,5 лк в помещениях и 0,2 лк снаружи.

Системы освещения. Для помещений всех назначений применяются системы общего или комбинированного освещения. В отраслевых нормах искусственного освещения обычно указывается рекомендуемая система освещения. Система комбинированного освещения применяется для производственных помещений, где выполняются зрительные работы I, II, III, IVa, IVб, IVв, Va разделов [1].

Общее освещение может быть равномерным и локализованным. При локализованном освещении световой поток перераспределяется по помещению неравномерно, с учетом расположения освещаемых поверхностей. Выбор между равномерным и локализованным освещением производится с учетом особенностей производственного процесса и размещения технологического оборудования.

Многие виды технологического оборудования поставляются с устройствами местного освещения, и тогда в проектах освещения необходимо предусматривать только подводку для электрического питания этих устройств, если таковая не

учитывается в проекте силового электрооборудования. Применение одного местного освещения в осветительных установках не допускается.

В административно-бытовых и вспомогательных помещениях, как правило, предусматривается общее равномерное освещение. В больших производственных и общественных зданиях из общего освещения (рабочего, аварийного и эвакуационного) при необходимости могут выделяться осветительные приборы дежурного освещения, используемого при уборке помещения и его охраны.

2.3 Выбор источников света

При выборе источников света (ИС) рекомендуется руководствоваться следующими указаниями:

- а) для общего внутреннего и наружного освещения использовать преимущественно разрядные лампы;
- б) применять лампы большей единичной мощности, при которой возможно выполнение нормативных требований к качеству освещения;
- в) при технической необходимости или по архитектурно-художественным соображениям допускается применять в пределах одного помещения разрядные лампы и лампы накаливания;
- г) не допускается, как правило, питать разрядные лампы постоянным током, а также применять их в случаях, когда возможно снижение напряжения до уровня ниже 90 % номинального.

Для рационального выбора источника света по цветовым характеристикам зрительные работы классифицируются по двум признакам - уровню требований к цветопередаче и цветоразличению и точности зрительной задачи, опосредованной через нормированную освещенность. В пределах этих классов зрительной работы сочетания определенных значений трех характеристик E , T_u и R_a позволяют обеспечить хорошие условия зрительной работы. В последние годы на основании данных физико-гигиенических исследований выявлен ряд ограничений на применение некоторых источников света. Так, например, ксеноновые лампы со значительной долей УФ излучения и большой пульсацией светового потока не рекомендованы для освещения работ с высокими требованиями к цветоразличению, хотя имеют наилучшие показатели по

сочетанию T_u и R_a . НЛВД не рекомендованы для общего освещения точных зрительных работ, поскольку имеются данные о развитии повышенного зрительного утомления при освещении ими (по сравнению с ЛЛ типа ЛБ). Обобщенные рекомендации по выбору ИС для внутреннего освещения сводятся к следующему. Для общего освещения рекомендуется применять только РЛ; ЛЛ - в основном в низких помещениях (до 6 м); РЛВД (типов ДРЛ, ДРИ, ДНаТ) - в основном в средних и высоких; ЛН могут применяться ограниченно в помещениях с тяжелыми условиями среды при отсутствии для данных условий РЛ, во вспомогательных помещениях и для временного пребывания людей, для освещения технологических площадок, мостиков, переходов, площадок обслуживания крупного оборудования, для аварийного и эвакуационного освещения.

Лампы накаливания применяются:

- для освещения помещений с тяжелыми условиями среды и при наличии взрывоопасных зон, если отсутствуют светильники с РЛ;
- в помещениях, где выполняются зрительные работы VI и VIII разрядов при временном пребывании людей, а также при постоянном пребывании людей - в случае технико-экономической целесообразности;
- для общего и местного освещения в помещениях с повышенной опасностью поражения электрическим током, когда не допускается применение напряжения 127 В и выше;
- для местного освещения при необходимости концентрации светового потока или его направленности, а также при конструктивной невозможности установки светильников с ЛЛ;
- в помещениях (независимо от точности выполняемых работ), где недопустимы радиопомехи;
- для аварийного освещения, когда рабочее выполнено РЛ.

2.4 Выбор коэффициента запаса k

При эксплуатации осветительной установки освещенности на рабочих поверхностях уменьшаются вследствие того, что с течением времени световой поток ламп снижается. Это вызвано загрязнением ламп, осветительной арматуры и отражающих поверхностей - стен и потолков. Значения коэффициента запаса, учитывающие снижение освещенности в

процессе эксплуатации. Значения коэффициента запаса, учитывающие снижение освещенности в процессе эксплуатации, приводятся в таблицах СП [1].

2.5 Выбор светильников

Основное назначение светильников заключается в перераспределении светового потока источников света в требуемых для осветительных установок направлениях, ограничении слепящего действия ламп и защите ламп, оптических элементов и электрических аппаратов от воздействия окружающей среды. Светильники выбираются по каталогам.

Светильники, как и все остальное электрооборудование, имеют различную степень защиты от попадания посторонних частиц (пыли) и воды (влаги), оказывающих большое влияние на надежность светильников и их безопасность. Для взрывоопасных зон при выборе типа светильников необходимо учитывать класс взрывоопасной зоны, а также категорию и группу взрывоопасной смеси. При выборе типа светильников по конструктивному исполнению, необходимо учитывать, также и другие факторы окружающей среды: химическую активность, токопроводность пыли, температуру воздуха в зоне установки светильников и др.

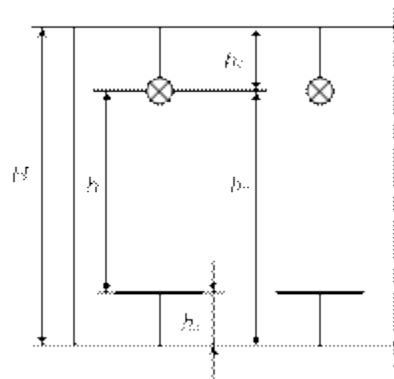
2.6 Размещение светильников

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

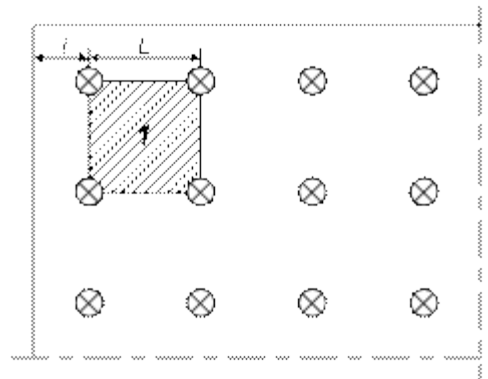
На рисунке 20 представлены типичные случаи расположения светильников, где приняты следующие обозначения: H - высота помещения, а при ферменном покрытии - высота до затяжки ферм; h_c - расстояние светильников от перекрытия или затяжки ферм; h_p - высота рабочей поверхности над полом (рабочей поверхностью называется поверхность, на которой производится работа и на которой нормируется или измеряется освещенность); h_n - высота установки светильников над полом; $h = h_n - h_p = H - h_c - h_p$ - расчетная высота; L - расстояние между светильниками или их рядами; L_A , L_B - расстояния

между светильниками в направлении вдоль и поперек помещения, если они неодинаковы; l - расстояние крайних рядов светильников от стены; все размеры указываются в метрах.

Из названных размеров H и h_p являются заданными; h_c , кроме случаев установки светильников на стенах, принимается в пределах от 0 при установке на потолке или заподлицо с фермами и, обычно до 1,5 м. Большие значения h_c , как правило, не рекомендуются, и, если они принимаются, то должны быть предусмотрены меры против раскачивания светильников потоками воздуха (необходим жесткий подвес). Расстояние l рекомендуется принимать около $\frac{1}{2}L$, при наличии у стен проходов и около $\frac{1}{3}L$ в остальных случаях. При безусловной необходимости обеспечить у стен такую же освещенность, как по всей площади, расстояние l может быть уменьшено почти до нуля путем установки светильников на кронштейнах, укрепленных на стенах. Расстояние от крайнего ряда светильников до стен не должно превышать 0,3 (как исключение - до 0,5) расстояния между рядами светильников (L).



a)



б)

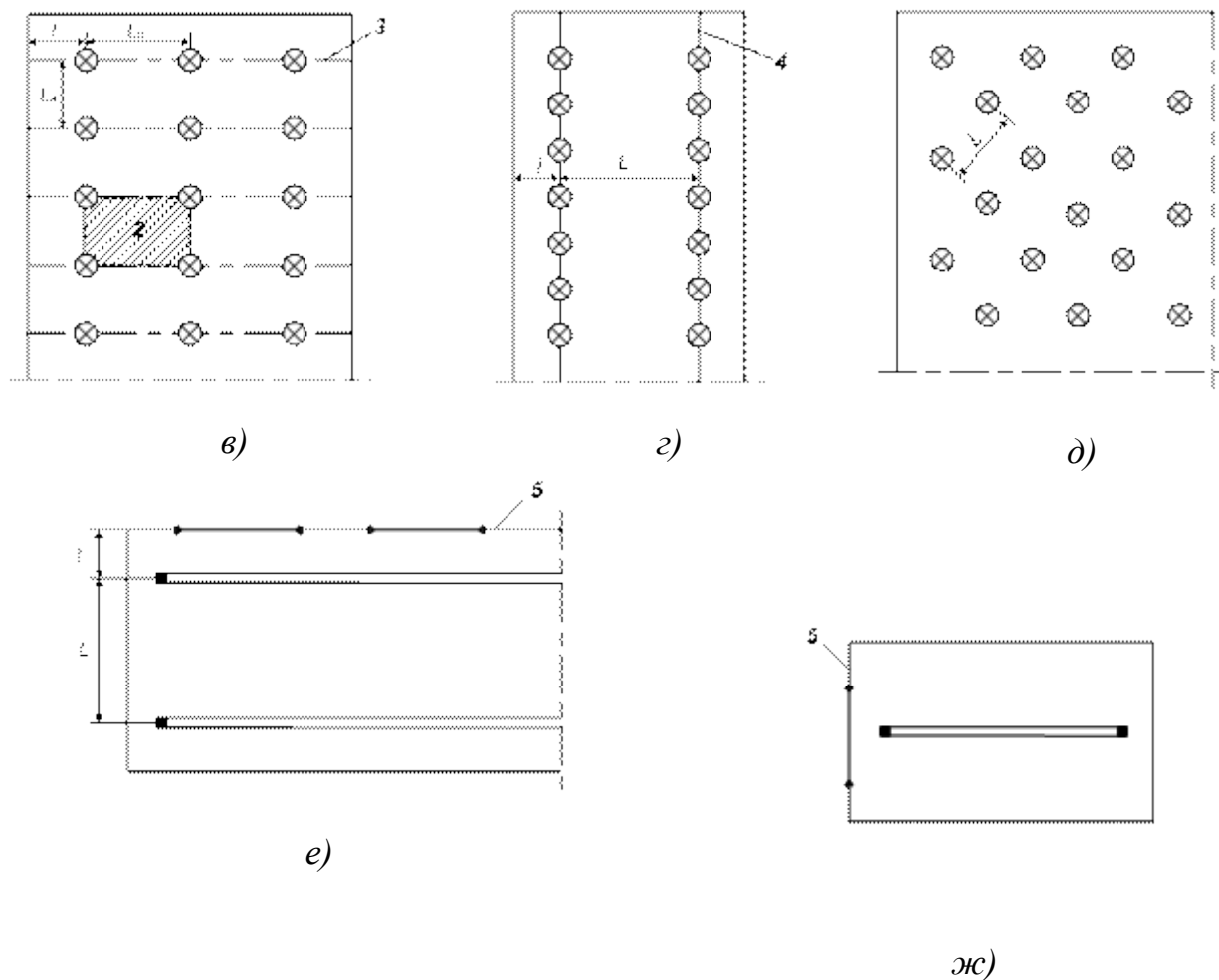


Рисунок 20 – Схемы размещения светильников: а – в разрезе; б–ж – в плане (1 – угловое поле; 2 – одно из центральных полей; 3 – оси ферм; 4 – оси мостиков обслуживания; 5 – стена с окнами)

Светильники можно располагать и рядами с разрывами, но при этом расстояние между их торцами не должно превышать 0,5 высоты подвеса светильников над освещаемой поверхностью. Если длина каждого ряда превышает

двойную высоту подвеса светильников над освещаемой поверхностью, рекомендуется у краев ряда размещать замыкающие дополнительные светильники на расстоянии от стены не менее 0,3 высоты подвеса. Если светильники располагаются рядами с разрывами, то взамен установки дополнительных светильников нужно светильники сближать у концов каждого ряда.

Установлено, что расстояние между светильниками зависит от наивыгоднейшей величины отношения $\lambda = L/h$, где L - расстояние между светильниками или рядами, м; h - высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м. Часто по архитектурным соображениям или конструктивно-строительным и другим причинам не могут быть приняты наивыгоднейшие отношения L/h , в таких случаях допускается отступление от них в сторону уменьшения. Увеличение же рекомендованных отношений L/h нежелательно. Рекомендации по выбору λ приведены в таблице 1.

Т а б л и ц а 1 – Рекомендуемые и наибольшие значения λ осветительных приборов с типовыми кривыми, обеспечивающие равномерность освещения

Типовая кривая	Значения λ	
	Рекомендуемое	Наибольшее допустимое
Концентрированная (К)	0,4 - 0,7	0,9
Глубокая (Г)	0,8 - 1,2	1,4
Косинусная (Д)	1,2 - 1,6	2,1
Равномерная (М)	1,8 – 2,6	3,4
Полуширокая (Л)	1,4 – 2,0	2,3

Расстояние от потолка до светильника h_c обычно принимается 0,5-0,7 м (в жилых и общественных зданиях пониженной высоты 0,3-0,4 м). При освещении помещения светильниками рассеянного и преимущественно отраженного света потолок должен быть равномерно освещен. Равномерность распределения яркости по потолку обеспечивается при отношении $h_c/h_p=0,2\div 0,25$.

2.7 Расчет освещения методом коэффициента использования светового потока

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

По этому методу расчетную освещенность на горизонтальной поверхности определяют с учетом светового потока, падающего от светильников непосредственно на поверхность и отраженного от стен, потолка и самой поверхности. Так как этот метод учитывает долю освещенности, создаваемую отраженным световым потоком, его применяют для расчета помещений, где отраженный световой поток играет существенную роль, т.е. для помещений со светлыми потолками и стенами при светильниках рассеянного, отраженного и преимущественно отраженного света.

Зависимость η от площади помещения, высоты и формы возможно учесть одной комплексной характеристикой - индексом помещения. Индекс помещения рассчитывается из выражения

$$i = \frac{S}{h(A+B)}$$

где A , B , S - соответственно длина, ширина и площадь помещения.

Если предварительно выбран тип светильников, определено их расположение и число, то по расчетному потоку ИС определяют ближайшее стандартное значение мощности лампы. При расчетах освещения по любому методу отклонения светового потока выбираемой стандартной лампы при нормативной освещенности допускается в пределах от + 20% до - 10% от значения, полученного по расчету.

Расчетный поток ИС определяется по формуле

$$\Phi = \frac{E_{\text{min}} S z k}{N \eta}$$

где N - число ИС;

k - коэффициент запаса;

z - коэффициент минимальной освещенности (отношение средней освещенности и минимальной).

В расчетах коэффициент z принимается равным: 1,15 - для светильников, располагаемых по вершинам прямоугольных полей; 1,1 - для светильников с ЛЛ, располагаемых рядами. Обычно таким способом ведется расчет, если в качестве ИС используются ЛН или РЛ высокого давления.

2.8 Расчет освещения методом удельной мощности

Частным случаем метода коэффициента использования светового потока является расчет по методу удельной мощности (w). Метод расчета по удельной мощности используется в следующих случаях: для предварительного определения установленной мощности осветительной установки; для приблизительной оценки правильности проведения светотехнического расчета; при проектировании освещения небольших и средних помещений, не требующих точных работ.

Исходными данными для проектирования является тип выбранного светильника, минимальная освещенность, высота и площадь помещения. В справочниках для различных нормируемых освещенностей, площади помещения и высоты h приведены значения w . Предварительно намечают число светильников, по таблицам справочника определяют w , а затем определяют мощность лампы по формуле

$$P = \frac{w \cdot S}{N}$$

Полученное значение мощности лампы округляют до ближайшего стандартного.

2.9 Расчет освещения точечным методом

При использовании точечного метода расчет ведется по силе света, направленной от каждого светильника на бесконечно малую площадку (точку), расположенную в рабочей плоскости (отсюда и название метода). Этот метод учитывает только прямой поток, излучаемый светильником в направлении рабочей плоскости. Освещенность, создаваемая световым потоком, отраженным от потолка, стен и пола помещения, учитывается в случае необходимости, приближенно введением соответствующего поправочного коэффициента.

Точечный метод применяется для расчета общего (локализованного и равномерного освещения помещений с темными потолками, стенами и полом при расположении рабочих поверхностей в любой плоскости), а также для расчета комбинированного, аварийного и местного освещения. Наиболее часто этим методом рассчитывается освещение высоких производственных помещений, в которых устанавливаются светильники с кривыми сил света типов К и Г.

Световой поток в любой точке для группы светильников находится из выражений

$$\Phi = \frac{1000 E_{\text{мин}} k h^2}{\mu \Sigma \varepsilon_i} \quad \text{или} \quad \Phi = \frac{1000 E_{\text{мин}} k}{\mu \Sigma \varepsilon_i}$$

где k - коэффициент запаса;

μ - коэффициент, учитывающий световой поток от «удаленных» источников света и отражений от сети и потолка, принимаемый равным 1,1-1,2;

$\Sigma \varepsilon_i$ - сумма условной относительной освещенности от «ближайших» светильников;

Σe_i - суммарная условная освещенность от ближайших светильников.

В расчетах обычно учитывают «ближайшие» первые и вторые источники света, находящиеся на расстояниях в пределах, указанных на изолюксах. Световой поток и освещенность определяют для точек с наихудшими условиями. Для различного способа размещения светильников такие точки показаны на рисунке 21.

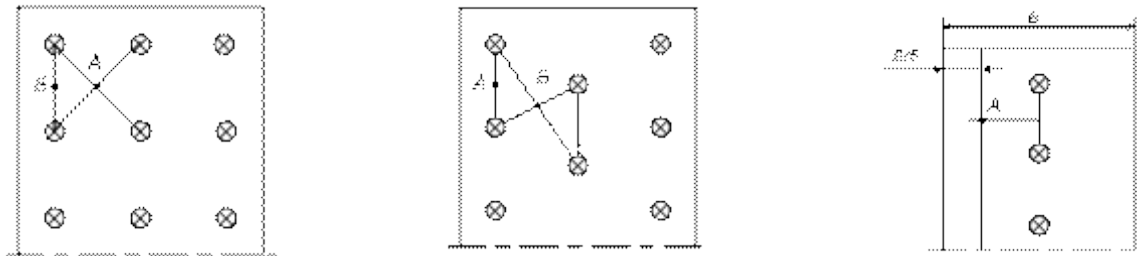


Рисунок 21 – Контрольные точки

Расчет освещения люминесцентными лампами

В большинстве случаев светильники с люминесцентными лампами располагают в помещении под потолком параллельными рядами, при этом их соединяют либо в сплошную линию, либо с небольшими разрывами. Если отношение расстояния между светильниками в ряду λ к расчетной высоте их подвеса $H_{расч}$ не превышает 0,5, т.е. $\lambda/H_{расч} < 0,5$, то можно считать, что световой поток распределяется на освещаемой поверхности вдоль ряда равномерно и его можно

рассматривать, как светящуюся линию. Так как протяженность светящейся линии соизмерима с расстоянием до освещаемой поверхности, формулы точечного метода, выведенные для точечных источников света (лампы накаливания и ДРЛ), в обычном виде для расчета освещения от светящейся линии с люминесцентными лампами неприменимы.

Ввиду сложности расчета освещения от световых линий или протяженных светильников по формулам, в практике широко распространен метод расчета с помощью кривых равных значений относительной освещенности (линейных изолюкс). По этим кривым, построенным для наиболее распространенных стандартных светильников, определяют горизонтальную освещенность e при расположении ламп над освещаемой поверхностью на высоте $H_{расч} = 1$ м и световым потоком в 1000 лм, приходящимся на 1 м светящейся линии (плотность светового потока $\Phi' = 1000$ лм/м). При определении относительной освещенности в точке A по линейным изолюксам предварительно необходимо найти относительные размеры

$$p' = \frac{p}{H_{расч}} \quad \text{и} \quad L' = \frac{L}{H_{расч}}$$

где p - расстояние от точки A до перпендикуляра, опущенного на расчетную плоскость из конца светящейся линии.

Если заданная точка не лежит против конца ряда светильников, то его делят на две части или дополняют условным отрезком, после чего относительные освещенности суммируют или вычитают, как показано на рисунке 22.

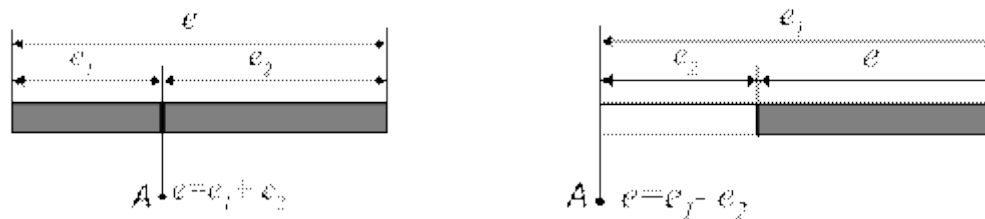


Рисунок 22 – Схема расчета освещенности для точек, не лежащих в конце светящейся полосы

При общем равномерном освещении в концах ряда освещенность имеет наименьшую величину. Если вблизи торцовых стен не производят работ, то некоторым уменьшением освещенности по сравнению с нормируемой $E_{норм}$ можно пренебречь. Если для данного помещения необходимо получить нормируемую освещенность $E_{норм}$ и в конце ряда, то либо продлевают ряд, либо в конце его удваивают число ламп. Если заданная точка освещается несколькими рядами, то значения e суммируются для всех рядов: Σe . Плотность светового потока ряда (лм/м) определяют из выражения

$$\Phi'_{ряда} = \frac{\Phi_{ряда}}{L}.$$

Полный световой поток ламп ряда (лм) $\Phi_{ряда} = \Phi'_{ряда} \cdot L$.

Необходимую плотность светового потока ламп в ряду $\Phi'_{ряда}$ при заданной величине освещенности E , коэффициента запаса k и коэффициента μ , учитывающего отражение поверхностей помещения, находят по формуле

$$\Phi'_{ряда} = \frac{1000 E_{мин} k H_{расч}}{\mu \Sigma e}.$$

Умножая $\Phi'_{ряда}$ на длину ряда светильников L , определяют общий необходимый поток всех ламп в ряду $\Phi_{ряда}$. Делением общего потока на поток ламп в одном светильнике находят необходимое число светильников

$$n_{се} = \frac{\Phi_{ряда}}{\Phi_{се}}.$$

После расчета по трем методам все расчеты сводятся в светотехническую ведомость (таблица 2).

2.10 Электрический расчет осветительных установок

Источники питания, схемы электрических осветительных сетей, управление осветительными установками. ОУ на промышленных предприятиях, как правило, запитываются от тех же трансформаторов цеховых ТП, что и силовые ЭП. Наиболее распространено напряжение питания рабочего освещения 220 В, реже (в ряде действующих ОУ) 127 В. В последнее время стало применяться напряжение 380 В (ГЛ мощностью более 2 кВт).

Осветительные сети делятся на питающие и групповые. В начале питающей линии необходимо устанавливать аппарат защиты и аппарат отключения; в начале групповой линии установка аппарата защиты обязательна, а аппарата отключения нет, если такие аппараты устанавливаются по длине линии.

Как правило, для питающей сети ОУ применяется магистральная схема, выполненная кабелем или специальным шинопроводом. Рекомендуется питание от одной линии не более 4-5 групповых щитов, при этом, если к линии подключено более 3-х щитков, на каждом из них необходимо предусматривать отключающий аппарат.

Схемы групповой сети радиальные. При 3-фазной системе с нулевым проводом осветительные сети могут быть 2-, 3-, 4-проводными.

Т а б л и ц а 2 - Светотехническая ведомость расчета освещения

	1	Наименование помещения
	2	Длина помещения, м
	3	Ширина помещения, м
	4	Высота помещения, м
	5	Высота рабочей поверхности, м
	6	Вид и система освещения
	7	Тип источника света
	8	Тип светильника
	9	Высота подвеса светильника, м
	10	Число светильников
	11	Коэффициент запаса
	12	Коэффициент отражения рабочей поверхности
	13	Коэффициент отражения потолка
	14	Коэффициент отражения стен
	15	Нормируемая освещенность, лк
	16	Коэффициент использования светового потока
	17	Световой поток лампы, лм
	18	Мощность лампы, Вт
	19	Удельная мощность (по методу коэффициента использования), Вт/м ²
	20	Удельная мощность (по методу удельной мощности), Вт/м ²
	21	Освещенность в помещении, проверенная по точечному методу, лк
	22	Суммарная установленная мощность осветительной установки помещения, Вт

Количество и мощность светильников, питаемых от одной групповой линии, ограничиваются условиями: автоматы и предохранители, устанавливаемые на осветительных щитках, должны быть с номинальным током не более 25 А, а групповые линии, питающие газоразрядные лампы мощностью 125 Вт и выше и лампы накаливания мощностью 500 Вт и выше на номинальный ток, не более 63 А. Трехфазные групповые сети применяются в помещениях со значительной площадью, с большой суммарной мощностью светильников, а однофазные группы применяются для небольших помещений, где устанавливаются светильники небольшой мощности. В производственных зданиях применяются следующие способы управления общим освещением: местное, централизованное (для крупных), дистанционное (для очень крупных) и автоматическое (очень редко).

Выбор сечений проводников осветительной сети.

Выбор сечения проводников производится по значению допустимого тока с учетом следующего условия

$$I_{доп} \geq \frac{I_{дл}}{K_{корр}} .$$

Выбранное сечение провода необходимо проверить по потерям напряжения в линии. Для этого необходимо определить моменты нагрузок для проводов отдельных фаз

$$\sum M_i = P_1 \cdot l_1 + P_2 \cdot (l_1 + l_2) + P_3 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + \dots + P_i \cdot (l_1 + l_2 + l_3 + \dots + l_i), \text{ кВт} \cdot \text{м}.$$

где l_i - длина отдельных участков линии, м;

P_i – нагрузки отдельных участков, кВт.

Нагрузки отдельных участков определяются с учетом мощности ламп, потерь мощности в пускорегулирующей аппаратуре и количества светильников

$$P_i = N \cdot (P_{\lambda} + P_{ПРА}) .$$

Сечение определяется

$$S = \frac{\sum p \cdot L}{C \cdot \Delta U_{\%}}$$

При выборе сечений проводов для первых участков сети следует брать ближайшее большее стандартное сечение. После выбора всех сечений следует проверить, не будут ли потери напряжения в выбранной сети освещения превышать заданные значения потерь напряжения.

Определив по M_n и ΔU сечение S данного участка (принимается ближайшее большее сечение), по S и фактическому моменту участка сети находим действительное значение ΔU . Последующие участки рассчитываются аналогично на оставшуюся потерю напряжения.

Защита осветительных сетей

В осветительных сетях предусматривают защиту от токов КЗ. Защиту от перегрузки используют в случаях:

- для осветительных сетей жилых и общественных зданий;
- для сетей в пожароопасных помещениях и зонах;
- для сетей взрывоопасных помещений и взрывоопасных наружных установок;
- для сетей внутри помещений, выполненных открыто проложенными изолированными проводами с горючей оболочкой.

Т а б л и ц а 3 - Значения коэффициентов C , входящих в формулы для расчета сетей по потере напряжения

Номинальное напряжение сети, В	Система сети и род тока	Значение коэффициента С для проводников	
		Медных	Алюминиевых
380/220	Трехфазная с нулем	72	44
380	Трехфазная без нуля	72	44
220/127	Трехфазная с нулем	24	14,7
220	Трехфазная без нуля	24	14,7
36		0,648	0,396
24		0,288	0,176
12		0,072	0,044
380/220	Двухфазная с нулем	32	19,5
220/127		10,7	6,5
220	Двухпроводная переменного или постоянного тока	12	7,4
127		4	2,46
36		0,324	0,198
24		0,144	0,088
12		0,036	0,022

В качестве защитных аппаратов используются автоматические выключатели. При выборе защитных аппаратов в осветительных сетях необходимо учитывать наличие пусковых токов при включении мощных ламп накаливания (500 Вт и более) и ламп типа ДРЛ, ДРИ, ДНаТ (250 Вт и более).

Пусковой ток мощных ламп накаливания в 12 - 14 раз превышает их номинальный ток, а его длительность составляет 0,2 - 0,5 с. Для ламп ДРЛ пусковой ток в 2,5 - 3 раза превышает их номинальный ток, а его длительность 60 - 90 с. Для люминесцентных ламп пусковой ток превышает номинальный вдвое, а его длительность составляет 5 - 10 с. Однако, из-за разновременности включения отдельных ламп повышенный пусковой ток в сети, питающей люминесцентной лампы, не наблюдается.

Условия выбора автоматических выключателей

$$U_{н.ав} \geq U_c;$$

$$I_{н.ав} \geq I_{ро};$$

$$I_{н.р} \geq (1,4 + 1,5)I_{ро};$$

$$I_{дин} \geq i_{уд} \text{ или ПКС} \geq i_{уд}$$

где $U_{н.ав}$, U_c - номинальные напряжения автомата и сети;

$I_{н.ав}$, $I_{н.р}$ - номинальный ток автомата и теплового расцепителя;

$I_{ро}$ - расчетный ток осветительной сети;

$I_{дин}$ - ток динамической стойкости автомата (максимальный ток КЗ, который способен пропустить автомат без остаточных деформаций деталей или недопустимого отброса контактов, приводящего к непригодности автомата);

ПКС - максимальное значение тока КЗ, которое выключатель способен включить и отключить несколько раз, оставаясь в исправном состоянии;

$i_{уд}$ - ударный ток КЗ (максимальное мгновенное значение полного тока трехфазного КЗ, наступающее обычно через 0,01 с после начала процесса КЗ).

Аппараты защиты устанавливают в местах присоединения сети к источникам питания (шины подстанций, распределительные пункты и т.п.), на вводах в здания при питании от отдельно стоящих подстанций, на групповых щитках и начале групповых линий.

2.11 Расчет электрических нагрузок по предприятию

Произвести расчет осветительной нагрузки для цехов предприятия.

Расчет осветительной нагрузки при определении нагрузки предприятия предлагается производить по удельной плотности осветительной нагрузки на квадратный метр производственных площадей и коэффициенту спроса.

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

$$P_{p.o} = K_{co} \cdot P_{yo}, \text{ кВт}$$

$$Q_{po} = \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot P_{po}, \text{ квар}$$

где K_{co} – коэффициент спроса по активной мощности осветительной нагрузки, числовые значения которого принимаются по таблицам /4,6,7/.

Значения коэффициента спроса осветительных нагрузок выбирается по справочнику зависимости от помещения.

$\operatorname{tg} \varphi$ – коэффициент реактивной мощности, определяется по известному $\cos \varphi_0$ осветительной установки;

P_{yo} – установленная мощность приемников освещения по цеху, отделу и т.п. определяется по удельной осветительной нагрузке на 1 м^2 поверхности пола и известной производственной площади

$$P_{yo} = \rho_0 \cdot F, \text{ кВт}$$

где F – площадь пола производственной помещения, м^2 ;

ρ_0 – удельная мощность в $\text{кВт}/\text{м}^2$.

Величина ρ_0 зависит от рода помещения и выбирается по справочнику.

Методика расчета осветительной нагрузки предприятия приводится в таблице 4.

Т а б л и ц а 4 – Расчет осветительной нагрузки

№№ по пла ну	Наименование производствен ного помещения	Размеры помещения, д лина (м) ×ширина (м)	Площадь помещен ия, м ²	Удельная осветитель ная нагрузка ρ_o , кВт/м ²	Коэффици ент спроса, Кс	Установлен ная мощность освещения, P_{yo} , кВт	Расчетная мощность осветительн ой нагрузки		$\cos \varphi /$ $\operatorname{tg} \varphi$	Тип ламп ы
							P_{po} , кВт	Q_{po} , квар		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

* площадь помещения рассчитана без учета этажности.

Расчет электрических нагрузок по предприятию

Расчет силовых нагрузок на шинах 0,4 кВ производим по методу «Упорядоченных диаграмм», порядок расчета и заполнения таблицы:

1. В графе 1 проставляем номера цехов.
2. В графе 2 наименование цехов.
3. В графе 3 записываем количество электроприемников.

4. В графе 4 записываем номинальную установленную мощность наименьшего и через тире наибольшего по мощности электроприемников.
5. В графе 5 записываем суммарную установленную мощность электроприемников.
6. Графа 6 число m , определяемое по формуле:

$$m = P_{н.макс} / P_{н.мин}$$

где $P_{н.макс}$, $P_{н.мин}$ – номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего электроприемников. Если m больше 3, то эффективное число электроприемников определяется по формуле, если m меньше 3, то эффективное число электроприемников принимается равным фактическому $n_{эф}=n$.

7. Графа 7 значение коэффициента использования.
8. В графе 8 в числителе записываем значение коэффициент мощности, а в знаменателе соответствующий тангенс.
9. В графе 9 подсчитываем среднюю активную нагрузку за наиболее загруженную смену по формуле

$$P_{см} = K_{и} \cdot P_{н}$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования;

$P_{н}$ – номинальная активная нагрузка.

10. В графе 10 подсчитывается средняя реактивная нагрузка за наиболее загруженную смену по формуле

$$Q = P_{см} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

где $P_{см}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену;

$\text{tg}\varphi$ – реактивный коэффициент мощности.

11. В графе 11 подсчитываем эффективное число электроприемников по упрощенной формуле

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum P_{\text{н}}}{P_{\text{н.макс}}}$$

12. Графа 12 коэффициент максимума $K_{\text{м}}$ определяем в зависимости от эффективного числа электроприемников и коэффициента использования $K_{\text{и}}$.

13. Графа 13 максимальная активная нагрузка от силовых электроприемников

$$P_{\text{р}} = K_{\text{м}} \cdot P_{\text{см}}$$

где $K_{\text{м}}$ – коэффициент максимума;

$P_{\text{см}}$ – средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену.

14. Графа 14 максимальная реактивная нагрузка от силовых электроприемников:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{см}} \text{ при } n_{\text{э}} > 10$$

$$Q_{\text{р}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}} \text{ при } n_{\text{э}} \leq 10$$

15. Графа 15 полная максимальная нагрузка, определяемая по формуле

$$S_{\text{р}} = \sqrt{Q_{\text{р0,4}}^2 + P_{\text{р0,4}}^2}$$

где $Q_{p0,4}$ – реактивная нагрузка 0,4 кВ;

$P_{p0,4}$ – активная нагрузка 0,4 кВ.

Расчет электрических нагрузок ведется в таблице 5.

Т а б л и ц а 5 – Расчет силовых нагрузок по цехам предприятия, $U = 0,4\text{кВ}$

№ цехов	Наименование цехов	Кол- во ЭП, п	Установленная мощность, кВт		m	$K_{и}$	$\cos\varphi$ // $\text{tg}\varphi$	Средние нагрузки		$n_{э}$	$K_{м}$	Расчетные нагрузки			I_p , А
			$P_{\text{нmin}} \div P_{\text{нmax}}$	$\Sigma P_{\text{н}}$				$P_{\text{см}}$, кВт	$Q_{\text{см}}$, квар			P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

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

Правильное определение числа и мощности цеховых трансформаторов возможно только путем технико-экономических расчетов с учетом следующих факторов: категории надежности электроснабжения потребителей; компенсации реактивных нагрузок на напряжении до 1кВ; перегрузочной способности трансформаторов в нормальном и

аварийном режиме; шага стандартных мощностей; экономичных режимов работы трансформаторов в зависимости от графика нагрузки.

Для каждой технологически концентрированной группы цеховых трансформаторов одинаковой мощности минимальное их число, необходимое для питания наибольшей расчетной активной нагрузки, рассчитывается по формуле

$$N_{т.мин} = \frac{P_{p0,4}}{K_3 \cdot S_{н.нр}} + \Delta N$$

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

K_3 – коэффициент загрузки трансформатора;

ΔN – добавка до ближайшего целого числа

$S_{н.тр}$ – принятая номинальная мощность трансформатора, выбирается по удельной плотности нагрузок:

$S_{уд} = \frac{S_{p0,4}}{F_{цехов}}$, кВА/м², при $S_{уд} < 0,2$ применяются трансформаторы 630-1000 кВА, при $S_{уд} = 0,2-0,3$ применяются трансформаторы 1600 кВА, при $S_{уд} > 0,3$ применяются трансформаторы 2500 кВА.

Экономически целесообразное число трансформаторов определяется по формуле: $N_{т.э.} = N_{т.мин} + m$,

где m – дополнительное число трансформаторов.

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

Тогда из справочника по кривым определяем m .

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

$$Q_1 = \sqrt{(N_{т.з.} \cdot S_{н.тр} \cdot K_z^2) - P_{p0,4}^2}$$

Из условия баланса реактивной мощности на шинах 0,4 кВ определяют величину $Q_{нбк1}$

$Q_{HEK1} = Q_{p0,4} - Q_1$, так как составляющая Q_{HEK2} в большинстве случаев меньше 0, то расчет ведется по 1-й составляющей $Q_{нбк1}$.

Определяется мощность батареи конденсаторов, приходящуюся на каждый трансформатор

$$Q_{HEKTP} = \frac{Q_{HEK}}{N_{т.з.}}$$

К полученному числу подбирается ближайшее согласно каталога батарея конденсаторов.

На основании расчетов составляется таблица 6, в которой показано распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП. Цеховые ТП принимаются одно- и двухтрансформаторными. Цеха группируются по территориальному признаку с учетом их нагрузок и коэффициентов загрузки, так как все предприятия 1^й и 2^й категории, то максимальное число магистрально запитанных трансформаторов должно быть не больше 5.

Т а б л и ц а 6 – Распределение низковольтной нагрузки по цеховым ТП

№ №ТП, $S_{н.тп}$, $Q_{нбк.тп}$	№ № цеха	$P_{p0,4}$, кВт	$Q_{p0,4}$, квар	$S_{p0,4}$, кВА	Кз
1	2	3	4	5	6

Расчет электрических нагрузок по предприятию.

Определение потерь мощности в блоках ЦТП.

$$\Sigma \Delta P_{mp} = N \cdot (\Delta P_{xx} + \Delta P_{кз} \cdot K_3^2)$$

$$\Sigma \Delta Q_{mp} = N \left(\frac{I_{xx} \cdot S_{н.мп}}{100} + \frac{U_{кз} \cdot S_{н.мп} \cdot K_3^2}{100} \right)$$

Определение расчетных нагрузок выше 1 кВ.

По мощности двигателя согласно заданию из справочника выбирается тип и паспортные данные СД.

Определение расчетных активных и реактивных мощностей СД

$$P_{pCD} = P_{нCD} \cdot N_{CD} \cdot K_3,$$

$$Q_{pCD} = P_{нCD} \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot N_{CD} \cdot K_3.$$

По емкости печи, согласно заданию из справочника выбирается тип печного трансформатора и его параметры.

Определение расчетных активных и реактивных мощностей ДСП

$$P_{pДСП} = N \cdot S_n \cdot \cos \varphi \cdot K_3$$

$$Q_{pдсп} = P_{pдсп} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

Определим потери в печных трансформаторах по упрощенным формулам

$$\Delta P_{тр.дсп} = 2\% \cdot S_{н.тр},$$

$$\Delta Q_{тр.дсп} = 10\% \cdot S_{н.тр}.$$

Расчет компенсации реактивной мощности на шинах 6-10 кВ ГПП.

Составим схему замещения, показанную на рисунке 23.

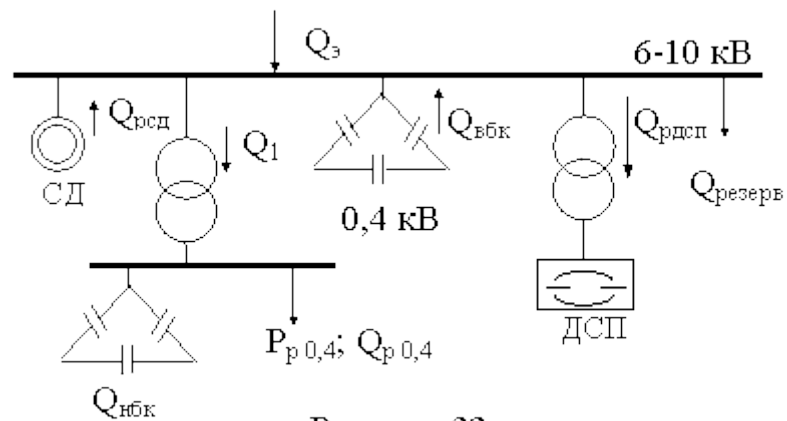


Рисунок 23

Составляется уравнение баланса реактивной мощности на шинах 6-10 кВ относительно $Q_{вбк}$

$$Q_{вбк} = Q_{p0,4} + \sum \Delta Q_{тр} + Q_{pдсп} + \Delta Q_{тр.дсп} + Q_{рез} - Q_3 - Q_{нбк} \pm \sum Q_{рсд}$$

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

$$Q_3 = (0,23 \div 0,25) \sum P_p = (0,23 \div 0,25) \cdot (P_{p0,4} + \Delta P_{тр} + P_{pCD} + P_{pДСП} + \Delta P_{тр,ДСП});$$

$Q_{рез}$ - величина резерва реактивной мощности на предприятии, определяется по формуле

$$Q_{рез} = (0,1 \div 0,15) \sum Q_p = (0,1 \div 0,15) (Q_{p0,4} + \Delta Q_{тр} + Q_{pДСП} + \Delta Q_{тр,ДСП}).$$

Расчет силовой нагрузки по предприятию, включая низковольтную и высоковольтную нагрузки, потери в трансформаторах ЦТП, приведены в таблице 8.

Т а б л и ц а 8 – Расчет уточненной мощности по предприятию

№№ТП, S _{нт} , Q _{БК} ТП	№№ цеха	n	P _n min - P _n max	ΣP _n	K _и	Средняя мощность		n _э	K _м	Расчетные мощности			K _з
						P _{см} , кВт	Q _{см} , квар			P _p , кВт	Q _p , квар	S _p , кВА	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Список литературы

1. СП Р 52..... Естественное и искусственное освещение. Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства.
2. Справочная книга для проектирования электрического освещения /Под ред. Г.М. Кнорринга. - Л.: Энергия, 1976.
3. Справочная книга по светотехнике / Под ред. М. Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1983.
4. Справочная книга по светотехнике / Под ред. Ю.Б. Айзенберга – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергоатомиздат, 1995.
5. Пособие по расчету и проектированию естественного, искусственного и совмещенного освещения (к СНиП 11-4-79)/ НИИСФ. - М.: Стройиздат, 1985.
6. Кнорринг Г.М. Светотехнические расчеты в установках искусственного освещения.- Л.: Энергия, 1973.
7. Кнорринг Г.М. Осветительные установки. – Л.: Энергоиздат, 1981.
8. Мешков В.В., Епанешников М.М. Осветительные установки.- М.: Энергия, 1972.
9. Тищенко Г. А. Осветительные установки. – М.: Высшая школа, 1984.
10. Лесман Е.А. Освещение административных зданий и помещений. – Л.: Энергоатомиздат, 1985.
11. Лозовский Л.И. Проектирование электрического освещения. – Мн.: Высшая школа, 1976.
12. Айзенберг Ю.Б. Световые приборы. – М.: Энергия, 1980.
13. Епанешников М.М. Электрическое освещение. – М.: Энергия, 1973.

14. Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1991.
15. Справочник по проектированию электроснабжения. Электроустановки промышленных предприятий. /Под ред. Ю.Г. Барыбина и др. – М.: Энергоатомиздат, 1990.
16. Правила устройства электроустановок. 7 издание – СПб.: Издательство ДЕАН, 20.
17. Неклепаев Б.Н., Крючков И.П. Электрическая часть электростанций и подстанций: Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования: Учебное пособие для вузов. – 4 изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1989.
18. Philips. Каталог ламп, 2001-2002.
19. Osram. Источники света. Каталог ламп, 2002.
20. www.lighting.philips.com
21. www.osram-os.com
22. www.ltcom.ru
23. www.uomz.ru