

ПРИДНЕСТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ
им. Т.Г.Шевченко
Инженерно-технический институт
Кафедра Электроэнергетики и электротехники
Технический колледж им. Ю.А.Гагарина
Кафедра Электротехнологического оборудования

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

Учебно-методическое пособие

Тирасполь
2016

УДК 621.3.031

ББК 31.7

Составители: О.Г.Степка, доцент, к.т.н. каф. ЭЭиЭТ
Е.Б.Лукашевич, преп. каф. ЭЭиЭТ
В.А.Лелин, ст. преп. каф. ЭТО

Рецензенты:

В.М.Погорлецкий, к.ф-м.н., доцент
(приднестровский государственный университет)
А.И.Балан, инженер по режимам
(ГУП «ЕРЭС» ТРЭС)

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ: Учебно-методическое пособие/
Сост.: О.Г.Степка, Е.Б.Лукашевич, В.А.Лелин.-Тирасполь,
2016 – 92 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для расчетов электроснабжения различных цехов предприятий на практических занятиях.

Учебно-методическое пособие рекомендуется для студентов дневной и заочной формы обучения по направлению «Электроэнергетика и электротехника» и студентов колледжа специальности 140212.51 «Электроснабжение»

УДК 621.3.031 ББК 31.7

Рекомендовано Научно-методическим Советом ПГУ
им. Т.Г.Шевченко

© О.Г.Степка, Е.Б.Лукашевич, В.А.Лелин, составление,
2016

Введение

В данном учебно-методическом пособии к практическим занятиям со студентами направления «Электроэнергетика и электротехника» дан путь решения заданий по расчету электроснабжения различных цехов предприятия, учитывая все нагрузки данных цехов.

Четко указывается оптимальный метод решения данной задачи и предложено максимальное количество приложений для правильного выбора необходимых коэффициентов при расчете формул.

1. Определение расчетных нагрузок цеха

Для расчета нагрузки применяется метод упорядоченных диаграмм, который является основным при определении расчетных нагрузок систем электроснабжения цехов с разнообразным электрооборудованием.

Суммарная мощность станков, входящих в узел:

$$\sum P_{ном} = \sum_{i=1}^n P_{ном.i} \quad (1)$$

Номинальная мощность для двигателей, работающих в повторно-кратковременном режиме:

$$P_{ном.} = P_{II} \cdot \sqrt{ПВ_{II}} \quad (2)$$

где P_{II} , $ПВ_{II}$ – соответственно паспортная мощность и паспортная продолжительность включения.

Для сварочных машин и трансформаторов электропечей номинальная мощность определяется как:

$$P_{ном.} = S_{II} \cdot \cos \varphi_{II} \cdot \sqrt{ПВ_{II}}, \quad (3)$$

где S_{II} – паспортная мощность трансформатора, (кВА);

$\cos \varphi_{II}$, $ПВ_{II}$ – паспортные значения.

Определяют нагрузки узла за наиболее загруженную смену:

$$\sum P_{см.y} = \sum_{i=1}^n P_{см.y.i} = \sum_{i=1}^n (P_{ном.i} \cdot k_{u.i}), \quad (4)$$

$$\sum Q_{см.y} = \sum_{i=1}^n (P_{см.i} \cdot tg \varphi_i), \quad (5)$$

где $k_{иi}$ – коэффициент использования i -ого приемника;

$tg\varphi_i$ – значение, соответствующее средневзвешенному коэффициенту $\cos\varphi_i$, характерному для электроприемников данного режима работы.

Коэффициенты использования одного $k_{и}$ или группы приемников $K_{и}$ характеризуют использование активной мощности и представляют собой отношение средней активной мощности одного или группы приемников за наиболее нагруженную смену к номинальной мощности:

$$k_{иi} = \frac{P_{см.i}}{P_{ном.i}}. \quad (6)$$

Эффективным числом электроприемников $n_э$ – наз. число однородных по режиму работы электроприемников одинаковой мощности, которое дает то же значение расчетного максимума $P_{мах}$, что и группа электроприемников, различных по мощности и режимы работы. Т.к. $n_э$ определяют для группы электроприемников, присоединенных к силовым щитам или распределительному щиту подстанции, то необходимо учесть показатель силовой сборки (m), равный отношению наибольшего по номинальной мощности электроприемника к наименьшему по номинальной мощности электроприемнику:

$$m = \frac{P_{ном.мах}}{P_{ном.мин}}. \quad (7)$$

$n_э$ определяют по следующим показателям:

- по количеству электроприемников n , подключенных к источнику питания;
- по показателю силовой сборки m .
- по среднему коэффициенту использования $k_{и.ср.}$.

- по номинальной мощности индивидуального электроприемника.

1) При $n < 5; k_{u.c.p.} \geq 0,2; m \geq 3; P_{ном.} \neq const$

$$n_{\text{э}} = \frac{\left(\sum_1^n P_{ном.} \right)^2}{\sum_1^n P_{ном.}^2}. \quad (8)$$

2) При $n \geq 5; k_{u.c.p.} \geq 0,2; m \geq 3; P_{ном.} = const$

$$n_{\text{э}} = n. \quad (9)$$

3) При $n \geq 5; k_{u.c.p.} \geq 0,2; m < 3; P_{ном.} \neq const$

$$n_{\text{э}} = n. \quad (10)$$

4) При $n \geq 5; k_{u.c.p.} < 0,2; m < 3; P_{ном.} \neq const$

$n_{\text{э}}$ не определяется.

$$P_{\text{max}} = k_3 \cdot \sum_1^n P_{ном.}. \quad (11)$$

где k_3 – коэффициент загрузки – это отношение фактической потребляемой активной мощности ($P_{\text{ф}}$) к номинальной активной мощности ($P_{\text{н}}$) электроприемника:

$k_3 = 0,75$ при повторно-кратковременном режиме;

$k_3 = 0,9$ при длительном режиме;

$k_3 = 1$ при автоматическом режиме.

5) При $n \geq 5; k_{u.c.p.} < 0,2; m \geq 3; P_{ном.} \neq const$,

применяются относительные единицы.

$$n_{\text{э}} = n^* \cdot n, \quad (12)$$

где

$$n^* = f(n^*, P^*);$$

$$n^* = \frac{n'}{n}; \quad P^* = \frac{\sum P_n'}{\sum P_{ном.}}; \quad (13)$$

n' – количество электроприемников узле, мощность которых $\geq \frac{P_{ном.мах}}{2}$;

P'_n – относительная мощность электроприемников узле, мощность которых $\geq \frac{P_{ном.мах}}{2}$;

n^* - определяется по П.12 (см. приложение).

6) При $n \geq 5$; $k_{u.c.p.} \geq 0,2$; $m \geq 3$; $P_{ном.} \neq const$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \cdot \sum_1^n P_{ном}}{P_{ном.мах}}. \quad (14)$$

Эффективное число электроприемников $n_{\text{э}}$ не может быть больше количества электроприемников в узле. Если $n_{\text{э}} > n$, то принимают $n_{\text{э}} = n$.

Активная максимальная расчетная нагрузка группы электроприемников определяется по формуле:

$$P_p = K_m \cdot P_{см}, \quad (15)$$

Реактивная максимальная расчетная нагрузка группы электроприемников в соответствии с практикой проектирования принимается равной:

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см} \quad \text{при } n_{\text{э}} \leq 10; \quad (16)$$

$$Q_p = Q_{см} \quad \text{при } n_{\text{э}} > 10. \quad (17)$$

Полная мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}. \quad (18)$$

Расчетный максимальный ток ЭП определяется как:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n}. \quad (19)$$

Освещение может выполняться различными типами ламп, но более распространены 3 типа:

1) Лампы типа ДРЛ используются для освещения больших площадей а также помещений с высотой потолка от 6 м;

2) Лампы накаливания. Могут использовать везде, но с высотой потолков в помещении до 6 метров;

3) Люминесцентные лампы, используются там же где и лампы накаливания, главным отличием от последних является меньшее энергопотребление.

Расчетная мощность освещения цеха:

$$P_{p.o.} = k \cdot k_{c.o.} \cdot P_{уд.o.} \cdot S, \quad (20)$$

$$Q_{p.o.} = P_{p.o.} \cdot tg\varphi, \quad (21)$$

где k – коэффициент запаса:

1,12 – при использовании ламп ДРЛ;

1,25 – при использовании люминесцентных ламп;

1 – при использовании ламп накаливания.

$k_{c.o.}$ – коэффициент спроса на освещение (для производственных зданий $k_{c.o.} = 0,85$);

$P_{уд.o.}$ – удельная мощность освещения, (Вт/м²).

S – площадь цеха, (м²).

$tg\varphi$ – зависит от типа используемых ламп.

При использовании ламп типа ДРЛ

$tg\varphi = 1,441$, ($\cos\varphi = 0,57$);

при использовании люминесцентных ламп

$tg\varphi = 0,484$, ($\cos\varphi = 0,9$).

Активная и реактивная расчетные мощности цеха с учетом освещения:

$$P_{p.ц.} = P_p + P_{p.o.}; \quad (22)$$

$$Q_{p.ц.} = Q_p + Q_{p.o.}. \quad (23)$$

Полная расчетная мощность цеха с учетом освещения:

$$S_{p.ц.} = \sqrt{P_{p.ц.}^2 + Q_{p.ц.}^2}. \quad (24)$$

2. Определение расчетных нагрузок предприятия

Расчёт нагрузки завода производится по методу коэффициента спроса.

Расчётная активная мощность цеха:

$$P_{расч.} = P_{уст.} \cdot K_c \quad (25)$$

где $P_{уст.}$ – установленная мощность требуемого цеха (из задания),

K_c – коэффициент спроса, характерный для каждого вида производства и зависит от K_n (табл. 1)

Таблица 1
Зависимость между коэффициентами K_n и K_c

K_n	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
K_c	0,5	0,6	0,65- 0,7	0,75- 0,8	0,85- 0,9	0,92- 0,95

Реактивная мощность цеха:

$$Q_{расч.} = P_{расч.} \cdot tg\varphi \quad (26)$$

Расчетный максимум активной и реактивной нагрузки цеха с учетом освещения кВт, кВАр:

$$P_{расч.ц.} = P_{расч.} + P_{расч.о.}; \quad (27)$$

$$Q_{расч.ц.} = Q_{расч.} + Q_{расч.о.}; \quad (28)$$

Полная расчетная нагрузка цеха с учетом освещения:

$$S_{расч.ц.} = \sqrt{P_{расч.ц.}^2 + Q_{расч.ц.}^2} \quad (29)$$

Расчетная токовая нагрузка цеха с учетом освещения, А:

$$I_{расч.ц.} = \frac{S_{расч.ц.}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} \quad (30)$$

где $U_{ном} = 10кВ$ - номинальное напряжение распределительных сетей предприятия.

Потери в трансформаторах и кабельных линиях предприятия принимаются равными 2% от активной и 10% от реактивной мощности предприятия.

Активная и реактивная мощности предприятия, кВт, кВАр:

$$P_{з.} = \sum P_{расч.ц.} \cdot 1,02 \quad (31)$$

$$Q_{з.} = \sum Q_{расч.ц.} \cdot 1,1 \quad (32)$$

3. Расчет показателей графиков нагрузок

Из справочника [5] выбираются типовые графики нагрузки для завода. Они имеют определенное количество ступеней мощности. Ступенями считаются горизонтальные линии графика. На рисунке 1 отображен возможный суточный график нагрузки.

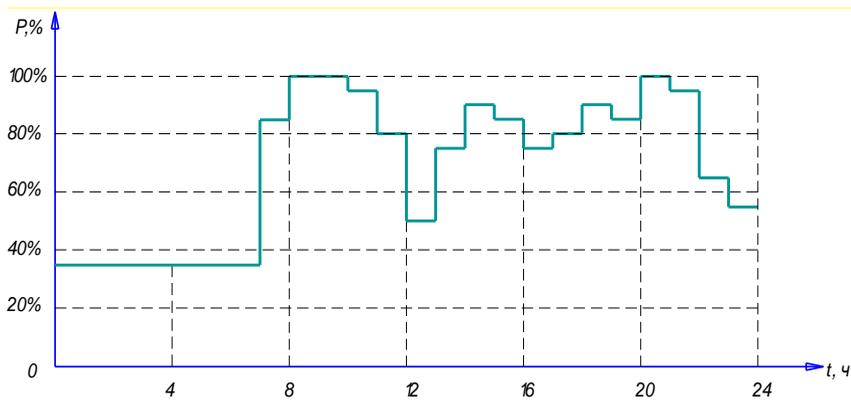


Рис. 1. Суточный график нагрузки

В таблицу 1 и 2 заносят данные по суточному и годовому графикам.

Таблица 2

Табличная форма записи суточного графика нагрузки

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
P, %	35	85	100	95	80	50	75	90	85	75	80
t, ч	7	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Продолжение таблицы 2

№	12	13	14	15	16	17	Всего
P, %	90	85	100	95	65	55	-
t, ч	1	1	1	1	1	1	24

Таблица 3

Табличная форма записи годового графика нагрузки

№	1	2	3	4	5	6	Всего
P, %	100	90	80	60	50	45	-
t, ч	1460	1825	1095	730	1825	1825	8760
P, кВт	9087,7	8179	7270	5453	4544	4089,5	

Из рисунка 1 и таблицы 2 определяется среднее значение мощности в течении суток:

$$P_{cp.} = \frac{\sum P_{p.c.i} (\%) \cdot T_{ступ.с.і}}{24} \cdot \frac{P_3}{100} \quad (33)$$

где $P_{p.c.i}$ – мощность каждой ступени графика нагрузки (из табл. 2.3), %;

$T_{ступ.с.і}$ – время действия каждой ступени в течении суток (из табл. 2), ч;

P_3 – максимальная мощность завода с учетом потерь (из табл. 2), кВт.

Следует учесть что 100% годового графика отражает максимальную мощность завода P_3 .

Объем электроэнергии, потребляемый предприятием за год, кВт·ч:

$$W_{Г} = \sum P_{pi} \cdot T_{ст.Г} \quad (34)$$

где $T_{ст.Г}$ – время действия каждой ступени в течении года (из табл. 3), ч;

P_{pi} – мощность завода соответствующая каждой ступени (из табл. 3), кВт

Время использования максимальной нагрузки определяется по формуле, ч:

$$T_{м} = \frac{W_{Г}}{P_3} \quad (35)$$

Время наибольших потерь, ч:

$$\tau_{макс} = (0,124 + T_{м} \cdot 10^{-4})^2 \cdot T_{Г} \quad (36)$$

где $T_{Г}$ – количество часов в году, ч:

Коэффициент заполнения графика:

$$K_{з.Г} = \frac{P_{cp}}{P_3} \quad (37)$$

4. Построение картограмм нагрузок

ГПП(ЦРП) промышленного предприятия желательно размещать в центре нагрузок. В этом случае параметры сети электроснабжения будут наиболее экономичными. Для этого необходимо определить геометрические центры всех цехов графически, в масштабе, отобразить мощность, потребляемую каждым цехом, в соотношении с мощностью, затрачиваемой на освещение этого цеха.

Радиус окружности, соответствующий нагрузке цеха с учетом освещения, мм:

$$R = \sqrt{\frac{P_{p.ц.} + P_{расч.о}}{m \cdot \pi}} \quad (38)$$

где $P_{p.ц.}$ – расчётная мощность каждого цеха, кВт,

$P_{расч.о}$ – нагрузка освещения цеха, кВт,

m – масштаб (можно принимать $m = 0,4$ кВт/мм).

Угол, определяющий сектор окружности радиусом R , который отражает содержание нагрузки освещения в общей нагрузке каждого цеха, °:

$$\alpha = \frac{P_{расч.о}}{P_{p.ц.} + P_{расч.о}} \cdot 360^\circ \quad (39)$$

Координаты центра нагрузок предприятия с учетом того что начало координат принимается в левом нижнем углу генерального плана предприятия определяются по формулам:

$$X_y = \frac{\sum (P_{p.ц.} + P_{расч.о}) \cdot X}{\sum P_{p.ц.}}; \quad (40)$$

$$Y_{ц} = \frac{\sum (P_{p.ц.} + P_{расч.о}) \cdot Y}{\sum P_{p.ц.}}; \quad (41)$$

где X, Y – координаты геометрических центров цехов, м;

5. Расчет рационального напряжения, питающей сети предприятия.

Для предварительного определения напряжения системы внешнего электроснабжения согласно рекомендациям из [1] есть 3 формулы, кВ:

1) ($l < 250$ км, $P < 60$ МВт) формула Стилла:

$$U_n = 4,34 \cdot \sqrt{l + 16 \cdot P_{\Sigma}}; \quad (42)$$

где l – длина питающей линии, км;

P_{Σ} – передаваемая мощность с учётом мощности субабонентов $S_{суб}$, МВА

2) ($l < 1000$ км, $P > 60$ МВт) формула Залесского:

$$U_n = \sqrt{P_{\Sigma} (100 + 15 \cdot \sqrt{l})}; \quad (43)$$

3) для предварительного определения напряжения есть формула Илларионова:

$$U_n = \frac{1000}{\sqrt{\frac{500}{l} + \frac{2500}{P_{\Sigma}}}}; \quad (44)$$

Коэффициент мощности предприятия:

$$\cos \varphi_{з.} = \frac{P_{з.}}{S_{з.}}; \quad (45)$$

Активная мощность субабонентов, МВт:

$$P_{суб} = S_{суб} \cdot \cos \varphi_{з.}; \quad (46)$$

Активная мощность субабонентов, МВАр:

$$Q_{суб} = S_{суб} \cdot \sin \varphi_{з.}; \quad (47)$$

Суммарная мощность субабонентов и предприятия, МВт:

$$P_{\Sigma} = P_{суб} + P_{з.}; \quad (48)$$

Ориентировочно номинальное напряжение питания внешнего электроснабжения выбирается из стандартного ряда, ближайшее:

10, 35, 110, 220, 330, 500, 750 кВ и также выбирается ближайший больший вариант напряжения для ТЭС выбранного варианта.

6. Выбор защитных аппаратов и проводников в сети напряжением до 1000 В

В этом пункте необходимо выбрать элементы сети 380 В для потребителей цеха. Данные к расчету сети напряжением до 1000 В вносятся в табл. 4.

Таблица 4

Данные к расчету сети напряжением до 1000 В

№ ЭП	Название ЭП	$P_{ном.}$, кВт	$\cos \varphi_n$	η_n , %	K_n

Значение $I_{ном}$ для каждого ЭП определяется по формуле:

$$I_{номi} = \frac{P_{ном.i}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном.i} \cdot \eta_{n,i} \cdot \cos \varphi_{n,i}}, \quad (49)$$

где $P_{ном.i}$ – номинальная активная мощность i -ого ЭП, кВт;

$U_{ном.i}$ – номинальное напряжение сети, кВ;

$\eta_{n,i}$ – номинальный коэффициент полезного действия, П.4 (см. приложение);

$\cos \varphi_{n,i}$ – номинальный коэффициент мощности, П.4 (см. приложение).

Для защиты электроприемников применяются автоматические выключатели и предохранители.

7. Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели выбирают по номинальному и пусковому токам электроприемника:

$$\begin{aligned} I_y &\geq I_{ном}, \\ I_{эм} &\geq 1,25 \cdot I_{П}, \end{aligned} \quad (50)$$

где $I_{эм}$ – ток электромагнитного расцепителя, А;

$I_{П}$ – пусковой ток рассматриваемого ЭП, А;

$$I_{П} = I_{ном} \cdot K_{П},$$

где $K_{П}$ – коэффициент пуска, П.4 (см. приложение)

По полученным данным из П.5 (см. приложение) выбирается автоматический выключатель.

Сечение проводников выбирают по допустимому току нагрева по условиям для проводников, защищаемых автоматическими выключателями.

$$\begin{aligned} I_{доп} &\geq I_{ном}, \\ I_{доп} &\geq \frac{I_y}{k}, \end{aligned}$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток нагрева, А;

I_y – номинальный ток уставки автоматического выключателя, А.

k – коэффициент для промышленных предприятий $k = 1$.

Стандартный ряд уставок автомата: 1; 1,25; 1,6; 2,0; 2,5; 3,15; 4,0; 5,0; 6,3; 8,0 и т.д., перенося запятую вправо.

Отсечка тока электромагнитного расцепителя:

3; 5; 7; 12.

По П.7, П.8 (см. приложение) выбирается сечение проводников.

Полученные данные вносятся в табл. 5.

Таблица 5

Данные ЭП, автоматических выключателей
и проводников сети

№ ЭП	Р _{ном} , кВт	I _{ном} , А	I _п , А	1,25·I _п , А	Тип автома- тических выключае- телей			Данные проводников	
					Тип	I _у , А	Отсечка	Марка и сечение	I _{доп.} , А

Далее выбираются автоматические выключатели, защищающие узел и цех в целом.

Ток кратковременного режима для узлов определяется по формуле:

$$I_{кр. узла} = I_{н. max} + I_{расч. уз.} - I_{ном. max} \cdot k_u \cdot K_{max}, \quad (51)$$

где $I_{расч. уз.}$ – расчётный ток узла из табл. 1, А;

$I_{ном. max}$ – номинальный ток наиболее мощного ЭП в группе, А;

$I_{н. max}$ – пусковой ток наиболее мощного ЭП в группе, А;

k_u – коэффициент использования наиболее мощного ЭП в группе из табл. 1.

K_M – коэффициент максимума из табл. 1.

Выбор автоматических выключателей и проводников проводится так же, как и для отдельных электроприемников. Результаты расчетов и выбора сводятся в табл. 6.

Таблица 6

Результаты выбора автоматических выключателей и
проводников по узлам

№ узла	$I_{расч. А}$	$I_{кр.узла, А}$	$I_{,25 \cdot I_{кр}}$	Тип автоматических выключателей			Данные проводников	
				Тип	$I_{у., А}$	Отсечка	Марка и сечение	$I_{доп., А}$

8. Выбор предохранителей

Ток плавкой вставки для предохранителей выбирается по условиям:

$$\begin{aligned}
 I_{п.вст.} &\geq I_{ном}, \\
 I_{п.вст.} &\geq \frac{I_{\Pi}}{\alpha},
 \end{aligned}
 \tag{52}$$

где $I_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot I_{ном}$;

α – коэффициент, зависящий от условий пуска:

$\alpha = 1,6 \div 2$ – для тяжелых условий пуска,

$\alpha = 2,5$ – для легких условий пуска

По полученным данным из П.6 (см. приложение) выбирается тип предохранителя и ток плавкой вставки.

Сечение проводников выбирают по допустимому току нагрева по условиям для проводников, защищаемых предохранителями.

$$\begin{aligned}
 I_{доп} &\geq I_{ном}, \\
 I_{доп} &\geq \frac{I_{п.вст.}}{\kappa},
 \end{aligned}$$

где κ – коэффициент, для промышленных предприятий и силовых установок $\kappa = 3$.

По П.7, П.8 (см. приложение) выбирается сечение проводников.

Полученные данные вносятся в табл. 7.

Таблица 7

Данные ЭП, предохранителей и проводников сети

№ ЭП	Р _{ном} , кВт	I _{ном} , А	$\frac{I_{пуск}}{\alpha}$, А	Тип предохранителей		Данные проводников	
				Тип	I _{пл.вст} , А	Марка и сечение	I _{доп.} , А

Далее выбираются предохранители, защищающие узел и цех в целом.

Ток кратковременного режима для узлов определяется по формуле:

$$I_{кр.узла} = \frac{I_{н.мах}}{\alpha} + \sum I_{расч.уз.} - I_{ном.мах} \cdot k_u \cdot K_{мах} \quad (53)$$

Выбор предохранителей и проводников проводится так же, как и для отдельных электроприемников. Результаты расчетов и выбора сводятся в табл. 8.

Таблица 8

Результаты выбора предохранителей и проводников по узлам

№ узла	I _{расч} , А	I _{кр.узла} ,	Тип предохранителей		Данные проводников	
			Тип	I _{пл.вст} , А	Марка и сечение	I _{доп.} ,

9. Выбор распределительных конструкций

Распределительные шинопроводы выбираются по расчетному току узла из П.9, П.10 (см. приложение). Выбранные распределительных конструкций заносятся в табл. 9.

Таблица 9

Распределительные конструкции и их комплектация

Узел		Шинопровод		Вводные защитные аппараты		Линейные защитные аппараты		
№	I_p, A	Тип	I_n, A	Тип	$I_y (I_{пл.вст}), A$	№ ЭП	Тип	$I_y (I_{пл.вст}), A$

Выбранные распределительные шинопроводы проверяются по допустимой потере напряжения по формуле:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{кр.узла} \cdot L \cdot 100}{U_{ном} \cdot 10^6} (r_0 \cdot \cos \varphi + x_0 \cdot \sin \varphi), \quad (54)$$

где L – длина шинопровода, м;

r_0, x_0 – удельные активное и индуктивное сопротивление шинопровода, Ом/км.

$U_{ном}$ – номинальное напряжение, кВт

Допустимая потеря напряжения в шинопровode не должна превышать 2,5%.

10. Расчет заземляющего устройства.

В данной работе необходимо показать применение полученных в ходе изучения курса умений и навыков для выполнения курсового проекта по дисциплине «Электроснабжение отрасли» с помощью MathCad. Решение по-

ставленной задачи рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- составить макет решения задачи, используя порядок расчета заземляющего устройства;
- ввести реальные данные и выполнить расчет;
- вывести данные в необходимой форме с текстовыми пояснениями;
- показать выполненное задание преподавателю.

10.1 Порядок расчета заземляющего устройства

Расчет заземляющих устройств производится с учетом естественных заземлителей.

Необходимое допустимое сопротивление заземляющего устройства

$$R_3 = U_3 / I_3, \quad (55)$$

где U_3 - напряжение на заземлителе, если заземляющее устройство одновременно используется для электроустановок до и выше 1000 В.

$$I_3 = [U_{нв} (35l_{каб} + l_{воз})] / 350, \quad (56)$$

где $U_{нв}$ - напряжение, кВ;

$l_{каб}$ - длина кабельных линий, км ;

$l_{воз}$ - длина воздушных линий, км.

При $R_3 > 4$ Ом сопротивление заземляющего устройства принимают равным $R = 4$ Ом.

Расчетное удельное сопротивление грунта

$$\rho = \rho_{из} \cdot \psi, \quad (57)$$

где $\rho_{из}$ - измеренное сопротивление грунта;

ψ - коэффициент повышения.

Сопротивление одиночного электрода:

- $R_0 = 0,00227 \cdot \rho$ - для пруткового электрода диаметром 12 мм длиной 5 м.

- $R_0 = 0,0034 \cdot \rho$ - для электрода из угловой стали 50x50x5 длиной 2,5 м;

- $R_0 = 0,00325 \cdot \rho$ - для электрода из трубы 60 мм длиной 2,5 м.

Сопротивление искусственных электродов с учетом естественных

$$R_{и} = R_e \cdot R_3 / (R_e - R_3). \quad (58)$$

Число заземлителей:

$$n = R_0 / R_{н}. \quad (59)$$

Сопротивление искусственных заземлителей с учетом коэффициента экранирования

$$R_{н} = R_0 / n \cdot \eta, \quad (60)$$

где n - число заземлителей,

η - коэффициент экранирования,

$$\eta = f(n, a/\ell), \quad (61)$$

a - расстояние между электродами,

ℓ - длина электрода.

Сопротивление заземляющего устройства

$$R_3 = R_e \cdot R_{и} / (R_e + R_{и}). \quad (62)$$

Если сопротивление заземляющего устройства $R_3 > 4$ Ом, то определяют сопротивление протяженного заземлителя:

$$R_{\Pi} = (0,366\rho/\eta_{\Pi} \cdot \ell_{\Pi}) \cdot \lg(2 \ell_{\Pi}/B_{\Pi} \cdot t_{\Pi}), \quad (63)$$

где B_{Π} - ширина полосы;

ℓ_{Π} - длина полосы;

t_{Π} - глубина заложения полосы;

η_{Π} - коэффициент использования протяженных заземлителей.

Сопротивление заземляющего устройства с учетом

R_n

$$R'_3 = R_3 \cdot R_{\Pi} / R_3 + R_{\Pi}. \quad (64)$$

11. Расчет молниезащиты.

В данной работе необходимо показать применение полученных в ходе изучения курса умений и навыков для выполнения курсового проекта по дисциплине «Электроснабжение». Решение поставленной задачи рекомендуется выполнять в следующей последовательности:

- составить макет решения задачи, используя порядок расчета молниезащиты;
- ввести реальные данные и выполнить расчет;
- вывести данные в необходимой форме с текстовыми пояснениями;
- показать выполненное задание преподавателю.

11.1 Порядок расчета молниезащиты

Все здания и сооружения по выполнению молниезащиты подразделяются на 3 категории.

Молниезащита зданий и сооружений I категории выполняется отдельно стоящими стержневыми и тросовыми молниеотводами.

При расчете стержневой молниезащиты определяем импульсное напряжение в точке, которая расположена на уровне высоты защищаемого объекта:

$$U_T = I_{\max}/2 \cdot (R_{\text{и}} + \sqrt{R_{\text{и}}^2 + \ell^2}), \quad (65)$$

где $R_{\text{и}} = 10 \text{ Ом}$ - импульсное сопротивление заземлителя;

$I_{\max} = 150 \text{ кА}$ - максимальный ток молнии;

ℓ - высота рассматриваемой точки молниеотвода над уровнем земли.

Расстояние по воздуху от молниеотвода до здания:

$$S_B = U_T/E_{\text{воз}}, \quad (66)$$

где $E_{\text{воз.}} = 500 \text{ кВ/м}$ – напряженность воздуха.

Радиус защиты

$$r_x = S_B + B, \quad (67)$$

где B - ширина здания.

$$h = (1,6h_x + r_x)/3,2 + \sqrt{\left(\frac{1,6h_x + r_x}{3,2}\right)^2 + \frac{h_x \cdot r_x}{1,6}} \quad (68)$$

Высота молниеотводов определяется также, как и в случае использования одиночного молниеотвода.

Определяют наименьшую ширину зоны защиты

$$2B_x = 4r_x \cdot ((7h_a - a)/(14h_a - a)), \quad (69)$$

где a - расстояние между двумя молниеотводами;

h_a - высота активной части молниеотвода.

12. Порядок решения практического задания

При получении задания студенту необходимо выполнить следующие действия:

1. Распределение ЭП по группам и узлам.
2. Составление таблицы с характеристиками ЭП.
3. Определение расчетных нагрузок.
4. Выбор защитной и коммутационной аппаратуры, марок и сечений проводников.
5. Выбор распределительных пунктов и шинопроводов, мест их установки.
6. Нанесение их на план цеховой сети.
7. Составление списка использованной литературы.

13. Распределение ЭП по группам и узлам

Вначале все электроприемники разбивают на узлы. Деление ЭП по узлам производится с учётом характеристик ЭП их территориального расположения. В узел объединяются ЭП с приблизительно одинаковыми коэффициентами использования, расположенных друг около друга. Узел может питаться от отдельного ПР (ШР или ШРА).

14. Составление таблицы с характеристиками ЭП

На основании задания и компоновки ЭП по узлам составляется таблица с их характеристиками (табл. 10).

Таблица 10

Исходные и расчетные данные электрических нагрузок цеха

Наименование ЭО (номер)	n [кол.]	$P_{\text{ном}}$ [кВт]	$n \cdot P_{\text{ном}}$ [кВт]	$K_{\text{и}}$	$\cos \varphi$	$t_{\Sigma} \varphi$	$P_{\text{сум}}$ [кВт]	$Q_{\text{сум}}$ [квар]	m	n_b	$K_{\text{м}}$	$P_{\text{св}}$ [кВт]	$Q_{\text{св}}$ [квар]	$S_{\text{св}}$ [кВА]	$I_{\text{св}}$ [А]
Номер узла															
ЭО															
Итого по узлу:															
Цех															
Суммарная нагрузка:															
Освещение цеха:															
Итого по цеху:															

Исходные данные для практических заданий

(номера вариантов идут по порядку и выдаются студентам в соответствии с порядком записи студента по журналу)

Таблица 1

Перечень ЭО ремонтно-механического цеха (к рис. 1)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эп} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 49-51	Вентиляторы	5,5	4	3	2,2	7,5	3	
4-6	Сварочные агрегаты	15	11	7,5	18,5	15	11	ПВ=40%
7-10	Токарные автоматы	11	15	5,5	7,5	5,5	15	
11-14	Зубофрезерные станки	22	15	11	15	7,5	22	
15, 22	Краны мостовые	30	22	18,5	15	11	18,5	ПВ=60%
16-19	Круглошлифовальные станки	5,5	4	7,5	3	2,2	4	
20, 21	Дверная завеса	2,2	1,5	1,1	3	1,5	2,2	
23, 32, 40	Зачочные станки	1,5	3	2,2	4	1,1	1,5	1-фазный
24-26	Сверлильные станки	3	2,2	2,2	4	1,1	1,5	1-фазный
27, 44	Плоскошлифовальные станки	15	7,5	18,5	11	5,5	11	
28, 36, 45	Строгальные станки	4	7,5	18,5	5,5	11	15	
29, 30, 37, 38, 46, 47	Фрезерные станки	7,5	5,5	18,5	11	15	7,5	
31, 39, 48	Расточные станки	4	11	7,5	5,5	3	5,5	
33-35, 41-43	Токарные станки	11	7,5	5,5	5,5	7,5	11	

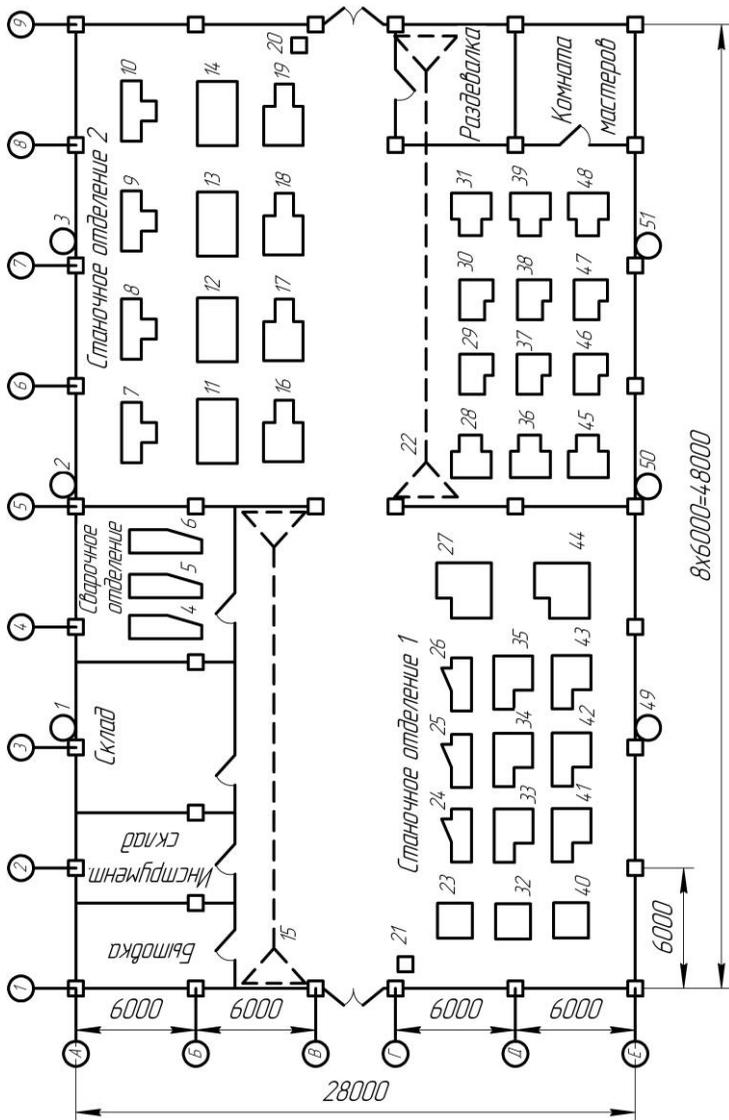


Рис. 1. План расположения ЭО ремонтно-механического цеха

Таблица 2

Перечень ЭО кузнечно-прессового цеха (к рис. 2)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-4, 49-52	Вентиляторы	2,2	5,5	4	3	4	2,2	
5, 9, 10, 48	Дверная завеса	1,5	2,2	3	1,1	2,2	1,5	
6-8	Электротермические установки	22	15	18,5	11	15	22	
11, 12, 18, 19, 25, 26, 32, 33, 39, 40	Обдирочные станки типа РТ-503	37	22	30	18,5	22	15	
13-16, 20, 21	Кривошипные КПМ	15	11	18,5	7,5	5,5	15	
17, 22-24	Фрикционные КПМ	7,5	4	5,5	3	11	5,5	
27-31, 34-38, 41-45	Обдирочные станки типа РТ-21001	22	18,5	15	11	30	18,5	
46, 47	Краны мостовые	30	22	18,5	15	11	30	ПВ=25%

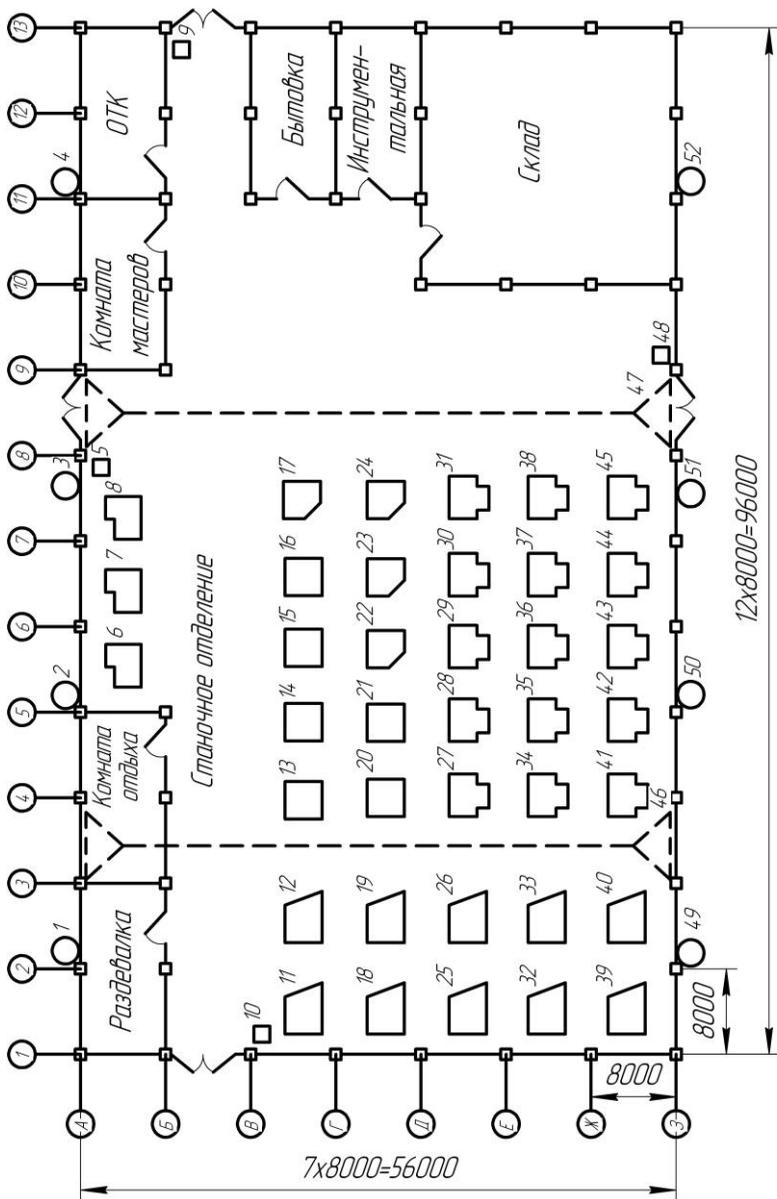


Рис. 2. План расположения 30 кузнечно-прессового цеха

Таблица 3

Перечень ЭО электромеханического цеха (к рис. 3)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 54-56	Вентиляторы	4	3	4	2,2	5	2,2	
4, 17, 32, 43	Манипуляторы электрические	3	4	2,2	1,5	5,5	3	
5, 18	Обдирочные станки типа РТ-341	45	55	75	37	45	30	
6, 46	Точильно-шлифовальные станки	2,2	7,5	1,5	5,5	3	4	
7, 21, 35, 47	Токарные полуавтоматы	11	7,5	5,5	15	4	7,5	
8, 9, 22, 23	Токарные станки	15	18,5	11	7,5	22	15	
10-15, 24-29, 37, 39-41, 50	Слиткообдирочные станки	3	1,5	2,2	1,1	4	5,5	
16, 30, 31, 42	Дверная завеса	3	4	2,2	1,5	2,2	3	
19, 20, 34, 45	Настольно-сверлильные станки	2,2	2,2	1,5	1,1	1,5	3	
33, 44	Горизонтально-фрезерные станки	7,5	4	5,5	11	7,5	5,5	
36, 48	Продольно-строгальные станки	11	7,5	15	5,5	11	18,5	
38, 52, 53	Анодно-механические станки	75	55	90	45	37	55	
49, 51	Краны мостовые	37	22	30	18,5	45	15	ПВ=25%

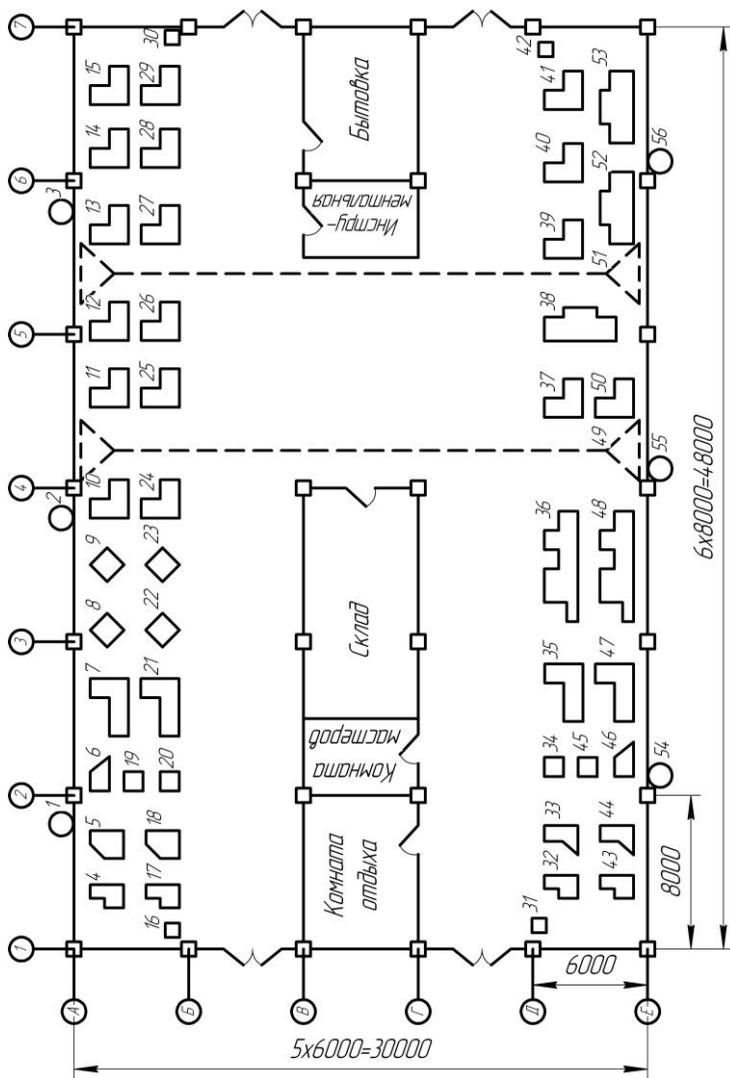


Рис. 3. План расположения ЭО электромеханического цеха

Таблица 4

Перечень ЭО автоматизированного цеха (к рис. 4)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 49-51	Вентиляторы	3	4	5,5	4	3	7,5	
4-10	Пресс эксцентрикковый типа КА-213	2,2	1,5	3	2,2	5,5	3	
11-15	Пресс кривошипный типа К-240	3	4	5,5	4	3	7,5	
16-20	Вертикально-сверлильные станки типа 2А125	5,5	3	2,2	5,5	4	4	
21	Автомат болтовывсадочный	4	2,2	3	3	1,5	5,5	
22	Автомат резьбонакатный	5,5	2,2	3	4	7,5	3	
23	Станок протяжный	7,5	11	5,5	7,5	11	15	
24, 31	Автоматы гайковывсадочные	11	18,5	22	15	30	7,5	
25, 32	Барабаны голтовочные	5,5	3	4	5,5	2,2	5,5	
26	Барабан виброголковочный	2,2	3	4	5,5	7,5	3	
27, 28	Преобразователи сварочные типа ПСО-300	15	7,5	18,5	11	11	15	1-фазные
29	Автомат обрубной	11	15	11	7,5	15	11	
30	Машина шнекомоечная	5,5	3	7,5	4	3	2,2	
33	Станок виброголковочный	7,5	7,5	11	11	15	15	
34, 35	Дверная завеса	1,5	2,2	3	1,5	3	2,2	
36-45	Автоматы гайконарезные	1,1	1,5	2,2	1,1	2,2	3	
46	Кран-тележка	2,2	1,1	3	1,5	2,2	3	ПВ=60%
47, 48	Электроточило наждачное	1,5	1,1	2,2	2,2	3	0,75	1-фазное
49	Автомат трехпозиционный высадочный	5,5	7,5	11	5,5	4	3	
50, 51	Вибросито	0,75	0,55	1,5	1,1	0,75	1,1	1-фазное

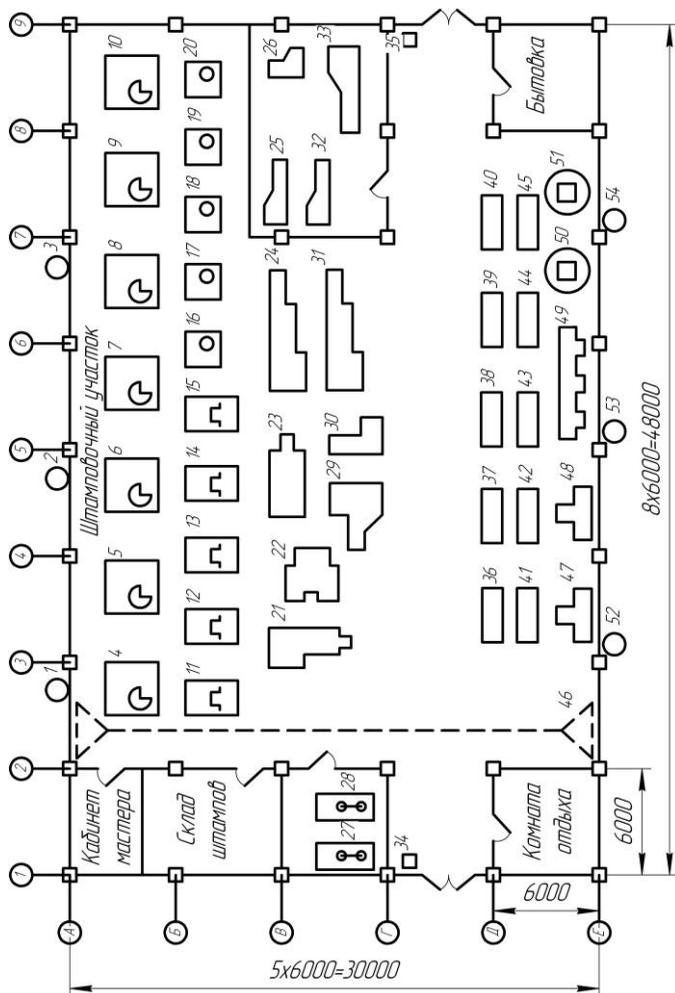


Рис. 4. План расположения ЭО автоматизированного цеха

Таблица 5

Перечень ЭО механического цеха тяжелого машиностроения (к рис. 5)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 44-46	Вентиляторы	7,5	5,5	4	4	3	5,5	
4-8	Шлифовальные станки	90	75	55	45	75	90	
9, 10, 21, 29-31	Обдирочные станки типа РТ-341	45	55	45	55	45	55	
11-20	Анодно-механические станки типа МЭ-12	11	15	18,5	18,5	15	11	
22, 23	Дверная завеса	3	4	2,2	1,5	2,2	2,2	
24-28, 35-39	Анодно-механические станки типа МЭ-31	18,5	22	15	22	15	18,5	
32-34, 40-42	Обдирочные станки типа РТ-250	30	37	22	37	30	30	
43	Кран мостовой	55	55	45	30	37	45	ПВ=40%

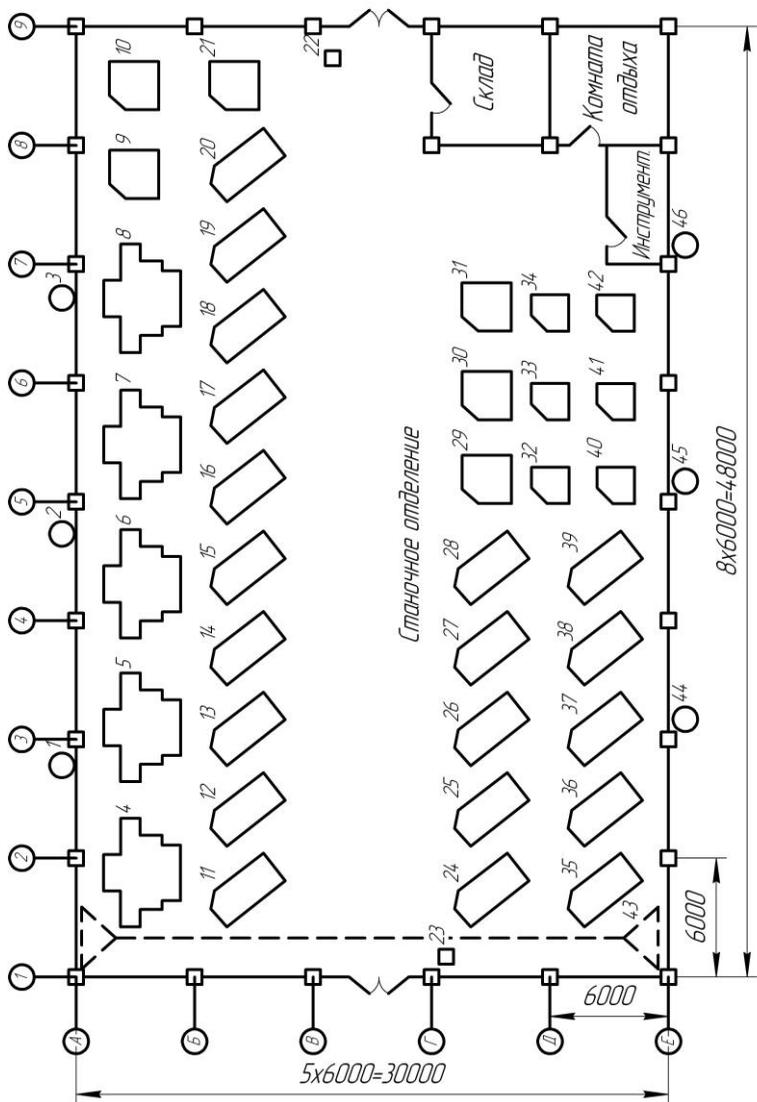


Рис. 5 План расположения 50 механического цеха завода тяжелого машиностроения

Таблица 6

Перечень ЭО цеха обработки корпусных деталей (к рис. 6)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 37-39	Вентиляторы	4	4	3	3	5,5	5,5	
4-7	Сварочные аппараты	5,5	4,5	3,7	4,5	3,7	4,5	ПВ=60%
8-12	Гальванические ванны	2,2	3,0	2,2	3,7	3,0	2,2	
13, 14	Дверная завеса	4	4	3	3	2,2	2,2	
15, 16	Продольно-фрезерные станки	30	3,7	2,2	18,5	18,5	30	
17, 18	Горизонтально-расточные станки	11	1,5	18,5	7,5	11	1,5	
19, 27, 28	Агрегатно-расточные станки	1,5	1,1	7,5	1,1	1,5	1,1	
20, 21	Плоскошлифовальные станки	1,1	1,1	1,5	18,5	18,5	1,5	
22-26	Краны консольные поворотные	7,5	5,5	1,1	1,5	5,5	7,5	ПВ=25%
29	Токарно-шлифовальный станок	1,1	7,5	7,5	4	5,5	1,1	
30-33	Радиально-сверлильные станки	5,5	4	3	7,5	7,5	5,5	
34, 35	Алмазно-расточные станки	7,5	5,5	4	3	5,5	4	
36	Кран мостовой	4,5	5,5	4,5	3,0	3,7	5,5	ПВ=15%

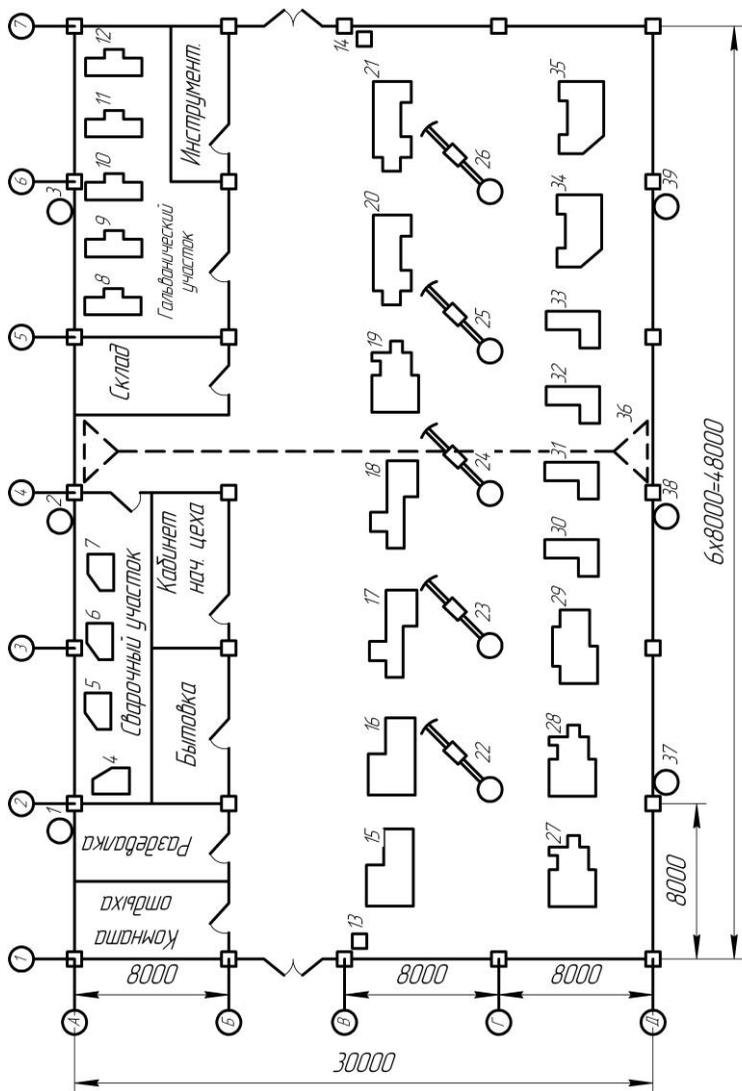


Рис. 6. План расположения ЭО цеха обработки корпусных деталей

Таблица 7

Перечень ЭО механического цеха серийного производства (к рис. 7)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант. Р _{эп.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 39-41	Вентиляторы	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	
4, 5, 8	Карусельные фрезерные станки	11	15	7,5	18,5	5,5	7,5	
6, 7	Станки заточные	3	4	5,5	2,2	4	2,2	1-фазные
9, 10	Станки наждачные	1,5	2,2	1,1	3	3	1,5	1-фазные
11, 15	Дверная завеса	3	3	3	3	3	3	
12	Продольно-строгальные станки	75	55	45	55	37	55	
13, 14	Плоскошлифовальные станки	30	37	45	55	30	37	
16-18	Продольно-фрезерные станки	22	18,5	30	18,5	37	22	
19-21	Резьбонарезные станки	11	7,5	5,5	15	7,5	5,5	
22, 23	Токарно-револьверные станки	15	15	18,5	18,5	22	22	
24-31	Полуавтоматы фрезерные	11	15	7,5	18,5	15	18,5	
32, 33	Зубофрезерные станки	37	22	30	18,5	22	30	
34-37	Полуавтоматы зубофрезерные	7,5	11	15	5,5	11	7,5	
38	Кран мостовой	30	37	22	45	37	22	ПВ=40%

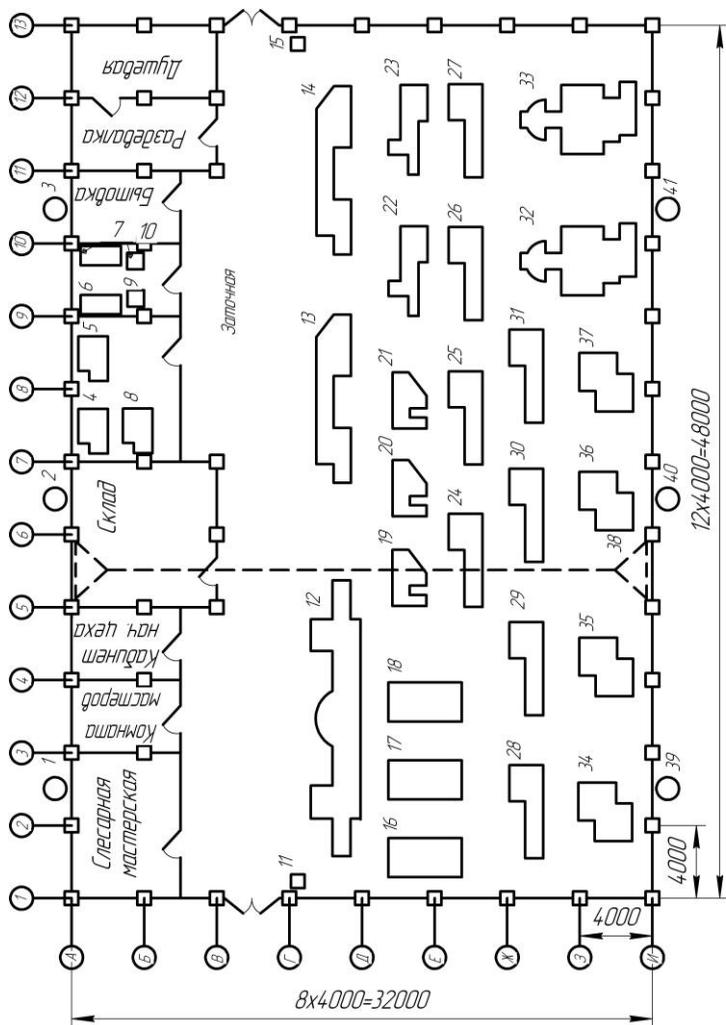


Рис. 7. План расположения 30 механического цеха серийного производства

Таблица 8

Перечень ЭО насосной станции (к рис. 8)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 36-38	Вентиляторы	5,5	4	3	4	5,5	7,5	
4	Кран мостовой	30	37	22	18,5	22	30	ПВ=40%
5	Сверльный станок	3	4	2,2	1,5	4	3	1-фазный
6	Токарно-револьверный станок	22	30	18,5	18,5	30	22	
7	Фрезерный станок	11	7,5	11	7,5	7,5	11	
8	Зачочный станок	2,2	1,5	3	4	1,5	2,2	1-фазный
9	Круглошлифовальный станок	5,5	7,5	4	7,5	5,5	4	
10-12	Электронагреватели отопительные	15	11	18,5	22	18,5	11	
13	Резьбонарезной станок	7,5	5,5	11	4	5,5	4	
14, 15	Дверная завеса	2,2	3	4	2,2	1,5	2,2	
16, 21, 24, 30, 33	Электродвигатели вакуумных насосов	7,5	5,5	4	5,5	7,5	5,5	
17, 22, 25, 31, 34	Электродвигатели задвижек	0,55	0,75	1,1	1,5	2,2	1,1	1-фазные
18, 19, 26-28	Насосные агрегаты	30	37	45	55	37	45	
20, 23	Дренажные насосы	7,5	5,5	4	4	5,5	7,5	
29	Щит сигнализации	1,1	0,75	2,2	1,5	0,75	1,5	1-фазный
32, 35	Сварочные агрегаты	15	11	18,5	22	15	15	ПВ=40%

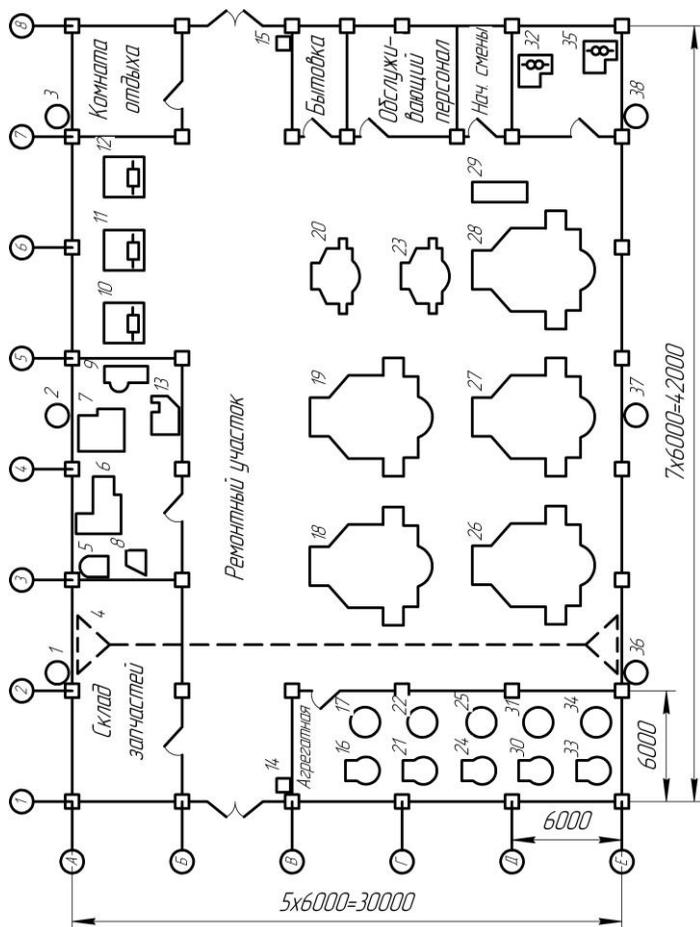


Рис. 8. План расположения ЭО насосной станции

Таблица 9

Перечень ЭО учебных мастерских (к рис. 9)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 52-54	Вентиляторы	7,5	5,5	4	7,5	4	5,5	
4-6	Деревообрабатывающие станки	5,5	2,2	3	4	5,5	7,5	
7, 8, 14, 15	Започные станки	2,2	3	4	1,5	2,2	3	1-фазные
9, 10, 16, 17	Сверлильные станки	7,5	5,5	7,5	5,5	4	4	
11	Кран мостовой	37	22	30	18,5	30	37	ПВ=40%
12, 13, 18, 19	Сварочные агрегаты	11	15	18,5	7,5	15	11	1-фазные, ПВ=60%
10, 21	Дверная завеса	1,5	3	1,1	3	2,2	3	
22, 23, 31, 32, 40, 41	Токарные станки	3	4	5,5	7,5	3	5,5	
24, 25, 33, 34, 42, 43	Круглошлифовальные станки	5,5	7,5	4	3	5,5	4	
26, 27, 35, 36, 44, 45	Фрезерные станки	4	7,5	5,5	7,5	5,5	4	
28-30, 37-39	Резьбонарезные станки	7,5	5,5	4	4	3	5,5	
46-51	Болтонарезные станки	3	4	2,2	4	3	3	

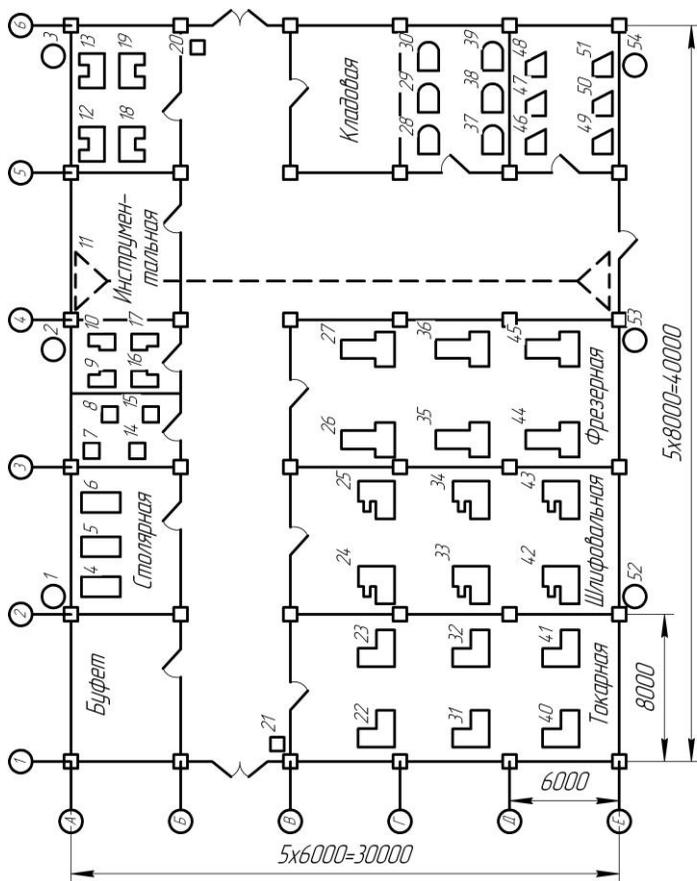


Рис. 9. План расположения 30 учебных мастерских

Таблица 10
Перечень ЭО цеха механической обработки деталей (к рис. 10)

№ по плану	Наименование ЭО	Вариант, P _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 55-57	Вентиляторы	5,5	7,5	5,5	4	5,5	3	
4, 18, 20, 21, 47-49, 54	Токарные специальные станки	11	7,5	15	7,5	11	11	
5, 31, 32	Алмазно-расточные станки	1,5	2,2	3	4	2,2	3	
6, 33-35	Вертикально-фрезерные станки	11	15	7,5	11	11	7,5	
7, 16	Ниждачные станки	2,2	1,5	3	2,2	3	4	1-фазные
8-10	Закалочные установки	15	11	18,5	7,5			
11	Кранмостовой	30	22	18,5	37	22	30	ПВ=40%
12, 13, 22, 23	Сверлильные станки	7,5	4	3	5,5	5,5	4	
14, 15	Зачочные станки	1,5	3	2,2	3	1,5	3	1-фазные
17, 25, 43	Дверная завеса	2,2	1,5	3	3	4	2,2	
19, 26, 27	Круглошлифовальные станки	5,5	7,5	11	15	7,5	11	
24, 50-53	Токарные полуавтоматы	22	18,5	15	22	18,5	15	
28-30	Шпоночно-фрезерные станки	7,5	5,5	3	4	7,5	4	
36-38	Вертикально-сверлильные станки	4	3	5,5	5,5	4	7,5	
39, 40	Балансировочные станки	2,2	3	1,5	2,2	3	3	
41, 42	Магнитный дефектоскоп	1,1	1,5	0,75	2,2	1,5	1,1	1-фазный
44-46	Агрегатные станки	11	15	15	11	18,5	18,5	

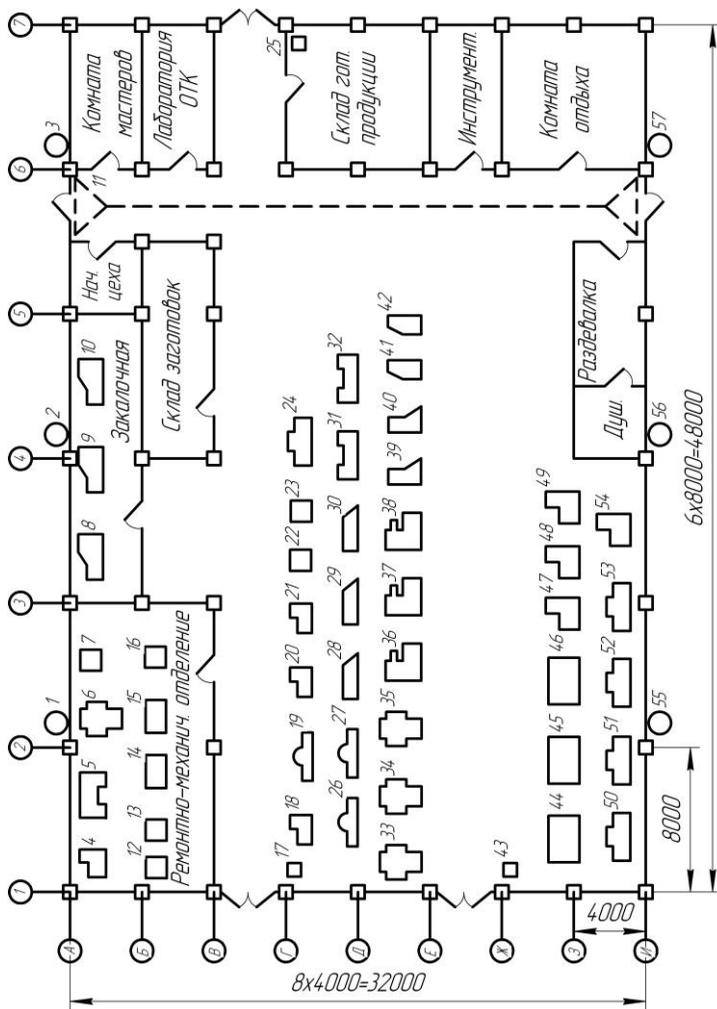


Рис. 10. План расположения ЭО цеха механической обработки деталей

Таблица 11

Перечень ЭО инструментального цеха (к рис. 11)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 61-63	Вентиляторы	5,5	7,5	3	4	5,5	7,5	
4, 24, 25, 59	Дверная завеса	2,2	3	4	1,5	2,2	3	
5, 60	Кран-балки	7,5	11	1,5	5,5	11	7,5	ПВ=60%
6, 7, 51-53	Поперечно-строгальные станки	5,5	7,5	7,5	11	5,5	11	
8, 10-12, 37-40	Токарно-револьверные станки	4	3	4	5,5	3	7,5	
9, 13, 45-48	Одношпиндельные автоматы токарные	1,1	2,2	1,5	3	4	2,2	
14-20, 35, 36	Токарные автоматы	5,5	5,5	7,5	11	4	4	
21-23, 26, 27, 56, 57	Алмазно-расточные станки	2,2	4	2,2	3	5,5	3	
28-32, 49, 50	Горизонтально-фрезерные станки	15	5,5	11	7,5	15	11	
33, 34, 43, 44, 54, 55	Зачочные станки	1,5	3	2,2	3	2,2	3	1-фазные
41, 42, 58, 59	Наждачные станки	3	5,5	3	7,5	3	5,5	1-фазные

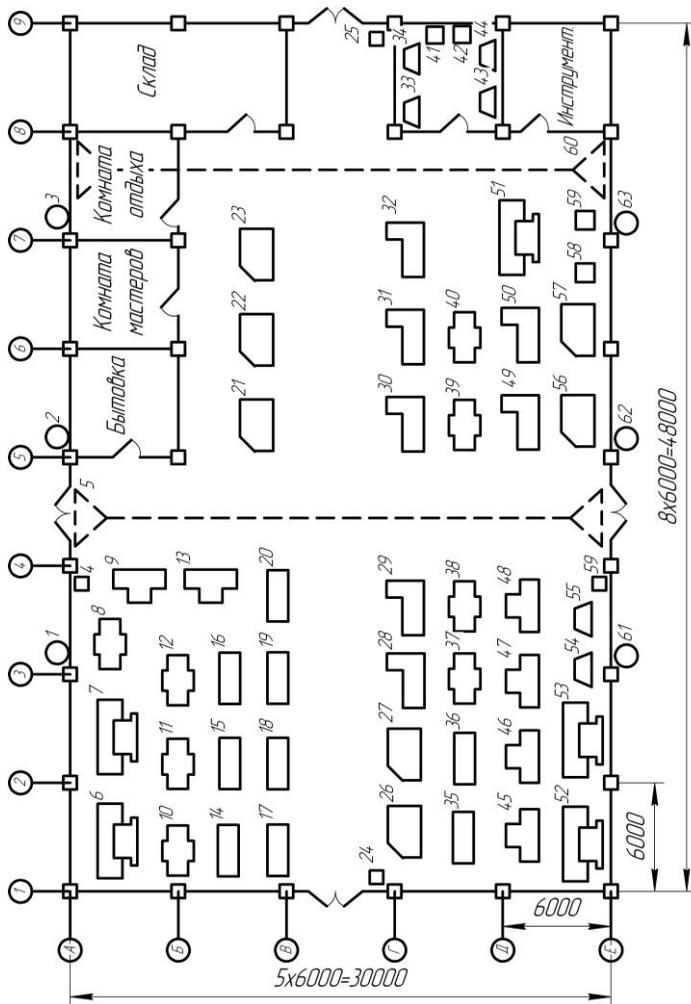


Рис. 11. План расположения 30 инструментального цеха

Таблица 12

Перечень ЭО механического цеха (к рис. 12)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант. Р _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 53-55	Вентиляторы	5,5	4	7,5	4	7,5	5,5	
4	Мостовой кран	55	45	7,5	55	45	7,5	ПВ=40%
5, 6, 10, 11	Сварочные автоматы	55	45	7,5	45	7,5	55	ПВ=60%
7	Кран-балка	15	11	18,5	18,5	15	11	ПВ=40%
8, 9	Компрессоры	30	37	45	30	37	45	
12, 13	Дверная завеса	2,2	3	4	3	4	2,2	
14, 15, 44, 45	Алмазно-расточные станки	2,2	3	1,5	1,5	2,2	3	
16-19	Горизонтально-расточные станки	22	18,5	15	22	18,5	15	
20, 21	Продольно-строгальные станки	45	30	22	30	22	45	
22-28	Расточные станки	15	11	18,5	18,5	15	11	
29-31	Поперечно-строгальные станки	11	7,5	15	11	7,5	15	
32-35	Радиально-сверильные станки	4	5,5	7,5	5,5	7,5	4	1-фазные
36-38	Вертикально-сверильные станки	4	3	2,2	2,2	4	3	1-фазные
39-41, 48-52	Токарно-револьверные станки	4	15	7,5	4	15	7,5	
42, 43	Электропечи сопротивления	30	37	45	37	45	30	
46, 47	Заточные станки	1,5	2,2	3	3	1,5	2,2	1-фазные

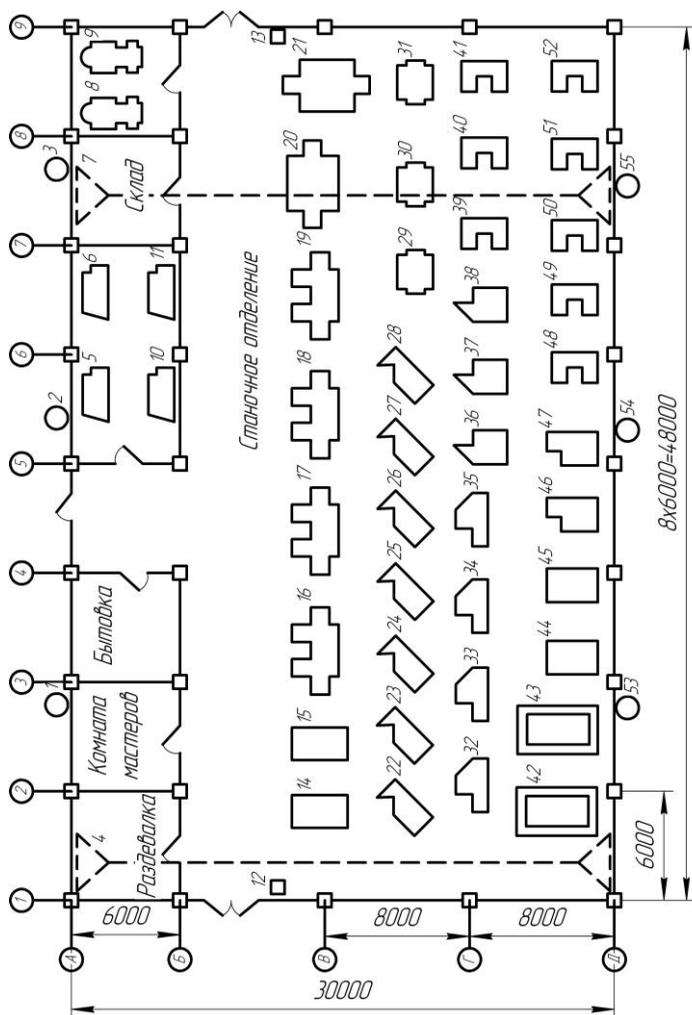


Рис. 12. План расположения 50 механического цеха

Таблица 13

Перечень ЭО цеха металлоизделий (к рис. 13)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эп.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 46-48	Вентиляторы	4	5,5	7,5	5,5	7,5	4	
4, 12, 18	Продольно-строгальные станки	11	15	18,5	11	15	18,5	
5-9, 33-36, 40-42	Токарно-револьверные станки	3	7,5	5,5	7,5	5,5	3	
10, 11, 24, 44	Дверная завеса	1,5	2,2	3	3	1,5	2,2	
13-17	Токарные станки	15	11	18,5	15	11	18,5	
19-21	Плоскошлифовальные станки	3	4	5,5	4	5,5	3	1-фазные
22, 23	Вертикально-сверлильные станки	2,2	3	1,5	1,5	3	2,2	1-фазные
25	Расточный станок	11	7,5	5,5	11	7,5	5,5	
26, 27	Фрезерные станки	3	4	2,2	4	2,2	3	
28, 29	Радиально-сверлильные станки	7,5	11	15	15	11	7,5	
30	Электрическая печь сопротивления	30	45	55	30	55	45	
31, 32	Электрические печи индукционные	22	37	30	37	22	30	
37-39	Электродуговые печи	45	55	37	37	45	55	
43, 45	Краны мостовые	22	30	45	22	30	45	ПВ=25%

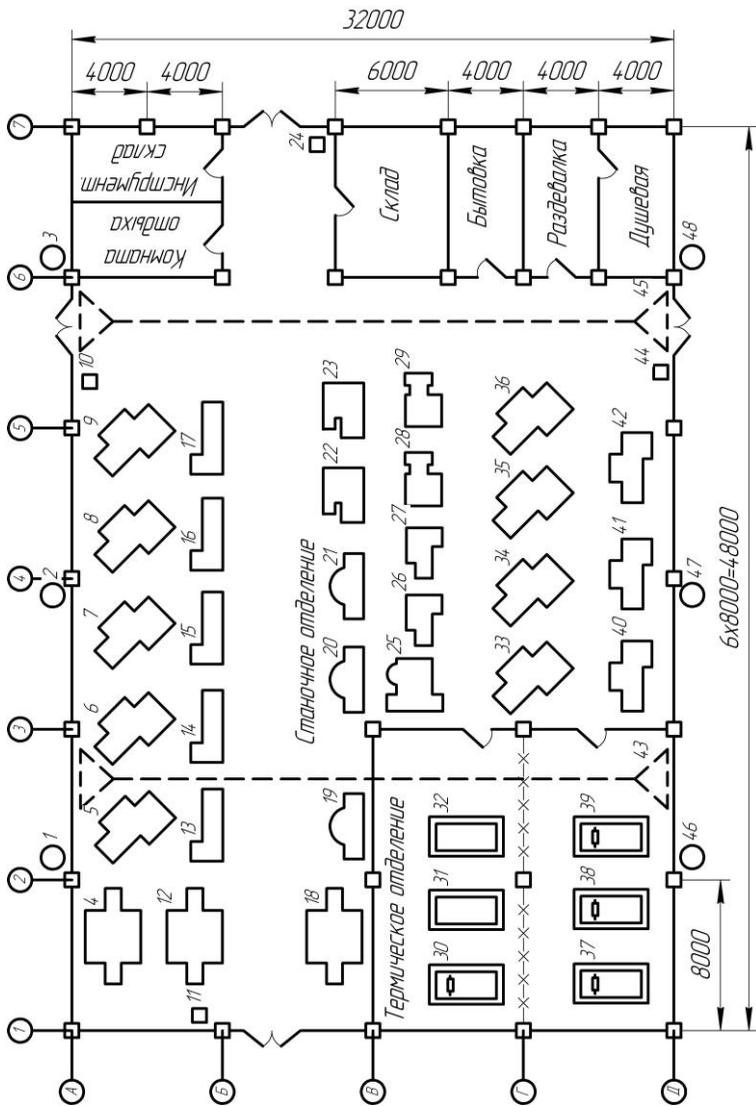


Рис. 13. План расположения ЭО цеха металлоизделий

Таблица 14

Перечень ЭО участка механосборочного цеха (к рис. 14)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эп} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-4, 45-48	Вентиляторы	4	7,5	5,5	5,5	4	7,5	
5, 6	Дверная завеса	1,5	2,2	3	3	1,5	2,2	
7-11	Наждачные станки	2,2	1,1	1,5	2,2	1,1	1,5	1-фазные
12-14	Карусельно-фрезерные станки	11	18,5	15	18,5	15	11	
15, 16	Вертикально-протяжные станки	15	11	18,5	15	11	18,5	
17-21	Токарные полуавтоматы	18,5	22	15	15	22	18,5	
22-24	Продольно-фрезерные станки	22	30	37	30	22	37	
25, 26	Горизонтально-расточные станки	18,5	15	11	11	18,5	15	
27-30	Вертикально-сверлильные станки	7,5	5,5	4	5,5	7,5	4	
31, 32	Агрегатные горизонтально-сверлильные станки	18,5	11	22	18,5	22	11	
33, 34	Агрегатные вертикально-сверлильные станки	15	11	7,5	11	7,5	15	
35, 42	Шлифовально-обдирочные станки	4	5,5	3	4	5,5	3	
36, 43	Клепальная машина	5,5	7,5	4	4	5,5	7,5	
37-40	Круглошлифовальные станки	5,5	3	2,2	2,2	3	5,5	
41	Закалочная установка	15	22	18,5	15	18,5	22	
44	Кран мостовой	30	22	18,5	37	22	30	ПВ=40%

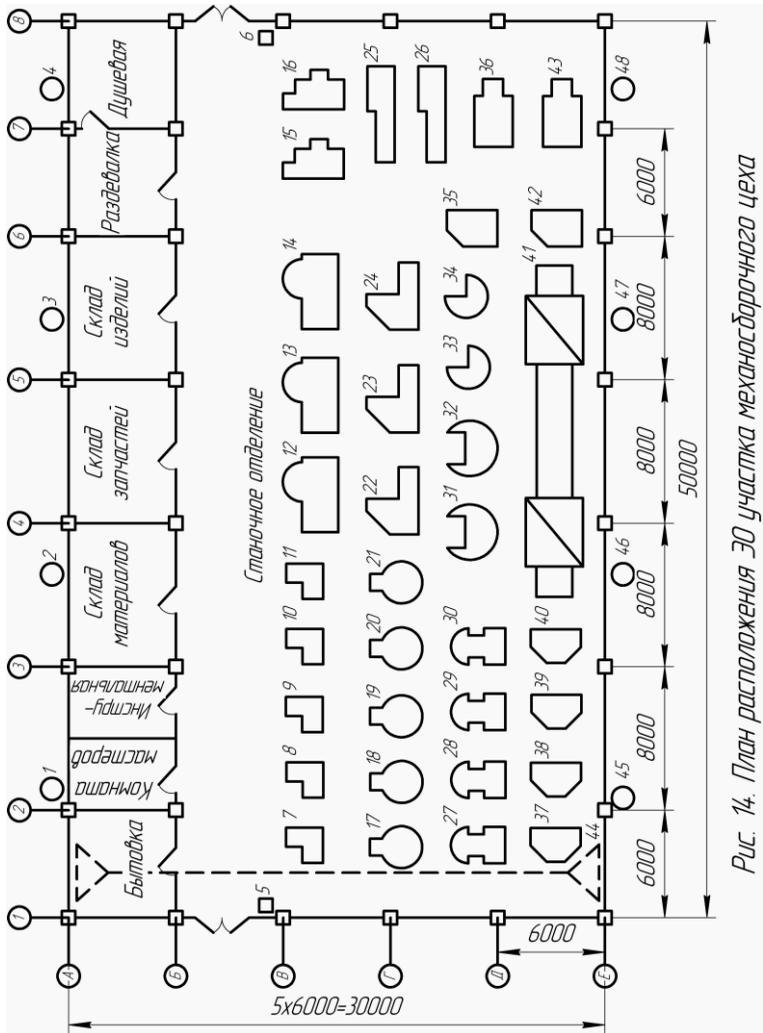


Рис. 14. План расположения ЭО участка механического цеха

Таблица 15

Перечень ЭО цеха металлорежущих станков (к рис. 15)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-4, 46-49	Вентилляторы	4	5,5	7,5	5,5	7,5	4	
5, 17, 44	Электропривод раздвижных ворот	3	4	5,5	3	4	4	1-фазный, ПВ=2,5%
6-8	Универсальные заточные станки	2,2	3	4	4	2,2	3	
9, 14	Заточные станки для червячных фрез	7,5	11	5,5	11	7,5	5,5	
10, 11	Резьбошлифовальные станки	4	5,5	7,5	5,5	4	4,5	
12, 13	Заточные станки для фрезерных головок	3	2,2	4	3	2,2	4	
15, 16, 22-24	Круглошлифовальные станки	11	7,5	15	15	11	7,5	
18-21	Токарные станки	5,5	7,5	4	5,5	7,5	4	
25-27, 32-34, 39-41	Плоскошлифовальные станки	37	30	22	22	37	30	
28-31, 37, 38	Внутришлифовальные станки	7,5	11	15	11	7,5	15	
35, 36, 42, 43	Заточные станки	3	2,2	4	4	2,2	3	
45	Кран-балка	11	15	18,5	15	11	18,5	ПВ=40%

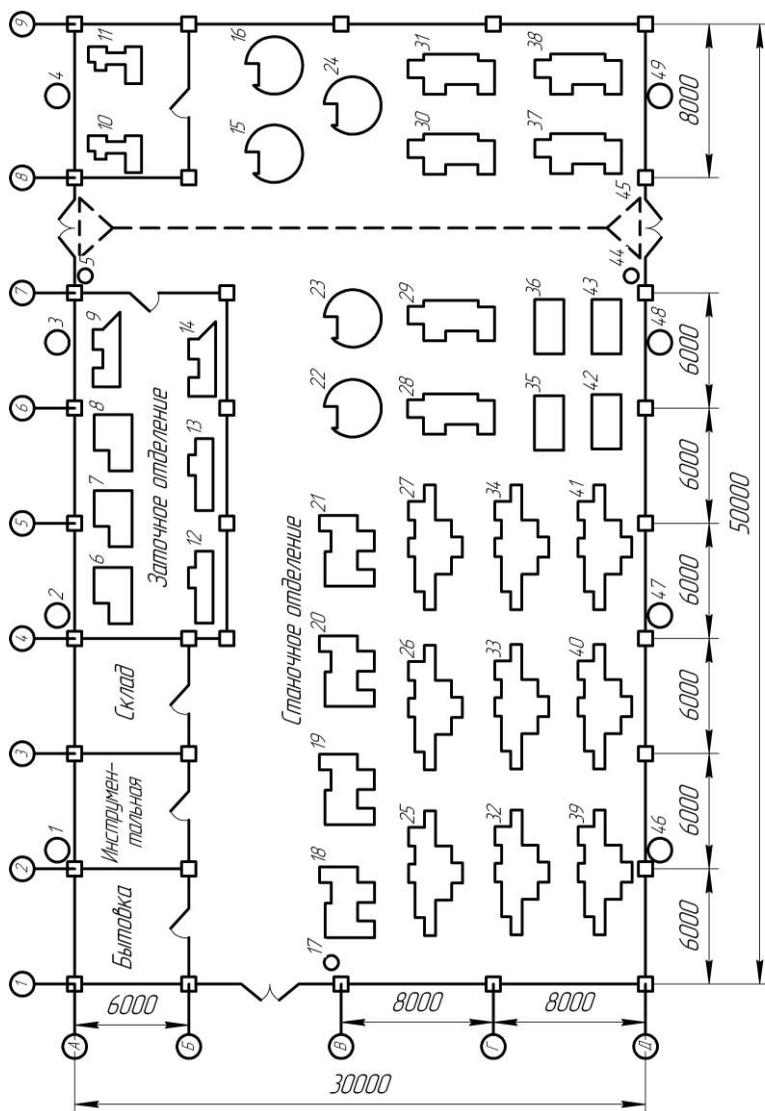


Рис. 15. План расположения 30 цеха металлорезающих станков

Таблица 16

Перечень ЭО сварочного участка цеха (к рис. 16)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1, 2, 48, 52	Дверная завеса	2,2	3	1,5	1,5	2,2	3	
3, 5	Сварочные преобразователи	15	22	18,5	15	22	18,5	
4	Сварочный полуавтомат	30	18,5	22	18,5	22	30	
6-8	Сварочные выпрямители	7,5	11	15	15	7,5	11	
9, 16	Токарные станки импульсной наплавки	15	11	18,5	11	145	18,5	
10-13	Сварочные агрегаты	7,5	5,5	11	7,5	5,5	11	
14, 15, 17, 18, 44	Вентиляционные установки	5,5	7,5	4	4	5,5	7,5	
19, 42, 49, 51	Кондиционеры	15	11	22	22	15	11	
20, 28, 36	Электроды сопротивления	45	75	55	45	75	55	
21-25, 27	Слиткообдирочные станки	4	5,5	7,5	7,5	55	4	
26, 34, 37-40	Сверлильные станки	1,5	2,2	1,1	2,2	1,5	1,1	
29, 33	Конвейеры ленточные	4	3	5,5	3	4	5,5	
30-32, 35, 41	Обдирно-шлифовальные станки	5,5	4	3	5,5	3	4	
43	Сварочный стенд	11	7,5	15	15	7,5	11	
45, 46	Сварочные трансформаторы	22	30	18,5	30	22	18,5	1-фазные, ПВ=40%
47	Кран-балка	11	18,5	15	11	18,5	15	ПВ=60%
50	Электроталь	2,2	3	4	4	2,2	3	ПВ=25%

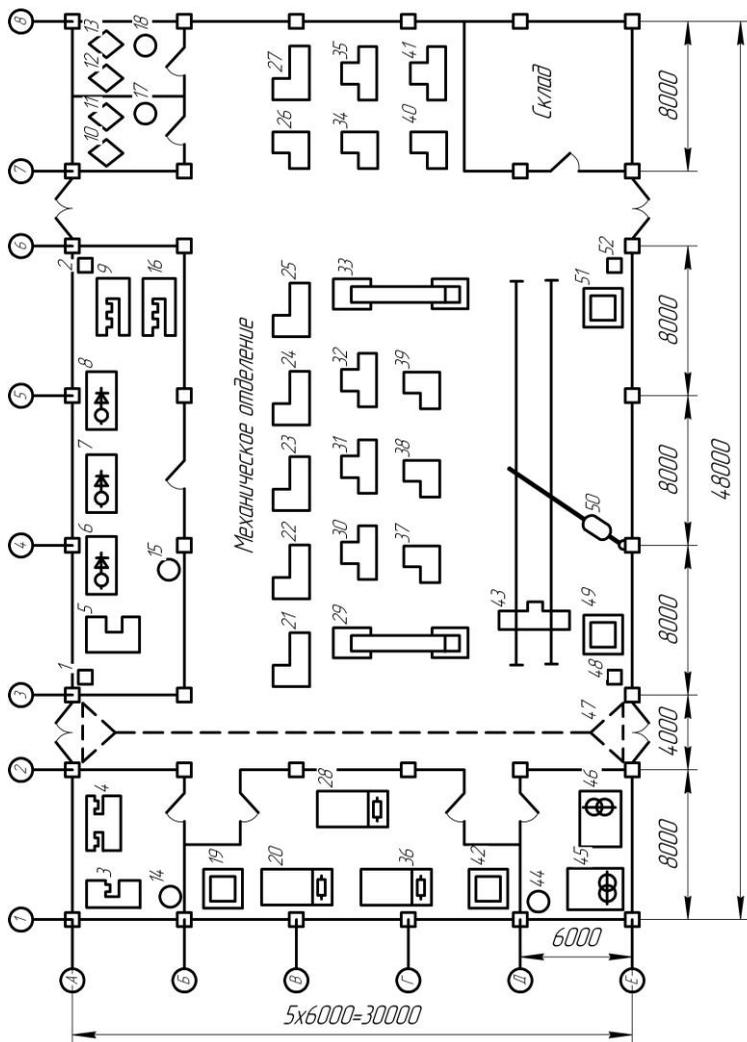


Рис. 16. План расположения ЭО сварочного участка цеха

Таблица 17

Перечень ЭО прессового участка цеха (к рис. 17)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 46-48	Вентиляторы	4	5,5	7,5	4	5,5	7,5	
4, 5	Кран-балка	11	7,5	15	7,5	15	11	ПВ=40%
6-10	Кузнечно-штамповочные автоматы	15	22	18,5	18,5	15	22	
11-15	Прессы электромеханические	22	18,5	15	22	18,5	15	
16-20	Прессы фрикционные	22	18,5	11	18,5	11	22	
21, 22	Дверная завеса	2,2	3	4	4	2,2	3	
23-29	Молоты ковочные	11	15	18,5	11	15	18,5	
30, 31	Наждачные станки	1,5	2,2	3	2,2	3	1,5	1-фазные
32-35, 37-40	Прессы кривошипные	18,5	22	15	15	18,5	22	ПВ=60%
36, 41	Насосы масляные	3	4	2,2	3	4	2,2	
42, 43	Шлифовальные станки	7,5	11	15	11	15	7,5	
44, 45	Сверлильные станки	3	2,2	4	4	3	2,2	

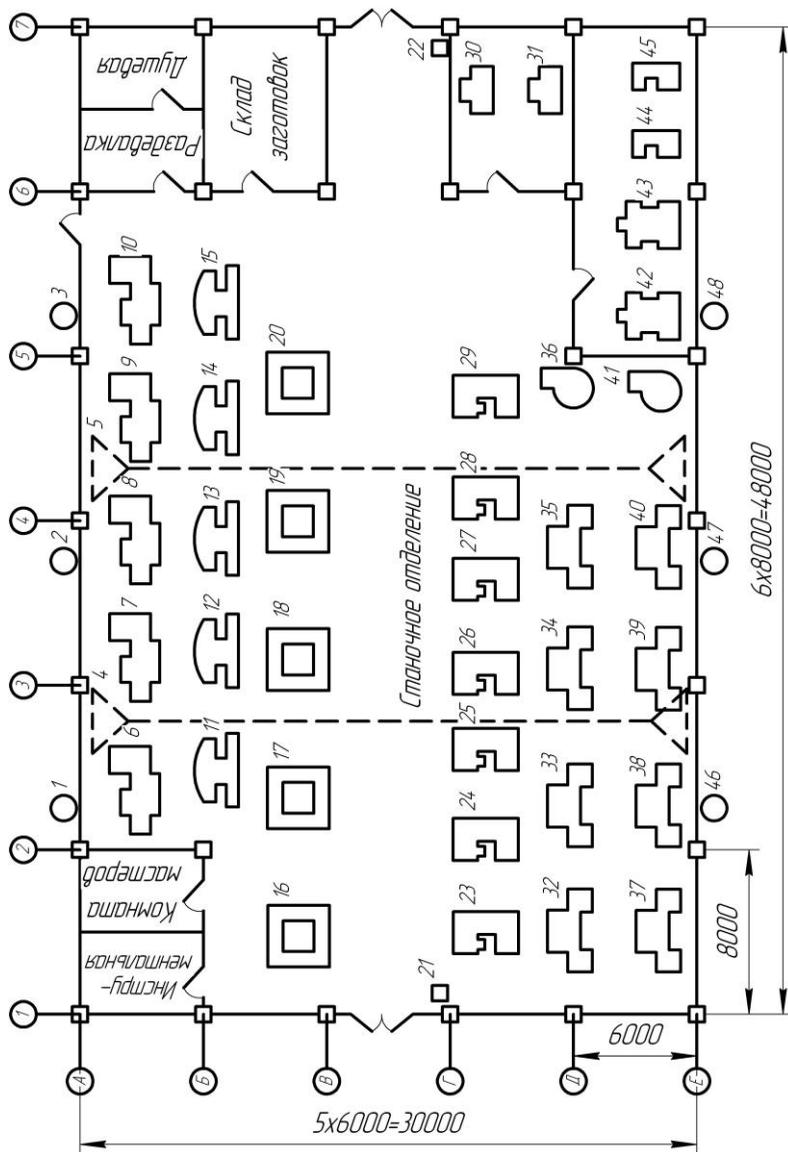


Рис. 17. План расположения ЭО прессового участка цеха

Таблица 18

Перечень ЭО участка токарного цеха (к рис. 18)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, P _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 40-42	Вентиляторы	7,5	11	5,5	5,5	11	7,5	
4, 38	Дверная завеса	3	2,2	4	3	2,2	4	
5, 6	Токарно-револьверные многоцелевые станки	11	7,5	15	7,5	15	11	
7, 26, 33	Кран-балки	5,5	7,5	4	4	5,5	7,5	П _э =60%
8, 9	Токарные станки с ЧПУ	4	7,5	5,5	4	7,5	5,5	
10, 11, 20-22	Сверлильно-фрезерные станки	4	5,5	7,5	7,5	4	5,5	
12	Кондиционер	4	4	5,5	4	5,5	4	1-фазные
13-16	Токарные станки с ЧПУ повышенной точности	7,5	11	15	11	7,5	15	
17, 23, 24	Координатно-сверлильные горизонтальные станки	15	11	7,5	7,5	15	11	
18	Строгальный станок	15	18,5	11	15	11	18,5	
19	Наждачный станок	3	2,2	4	2,2	3	4	1-фазный
25	Шлифовальный станок	7,5	4	5,5	5,5	7,5	4	
27, 28	Токарные многоцелевые прутково-патронные модули	18,5	11	15	18,5	11	15	
29, 30, 35-37	Токарные вертикальные полуавтоматы с ЧПУ	37	45	30	45	37	30	
31, 32, 34	Координатно-сверлильные вертикальные станки	11	15	7,5	7,5	15	11	
39	Кран мостовой	30	22	18,5	30	22	18,5	ПВ=40%

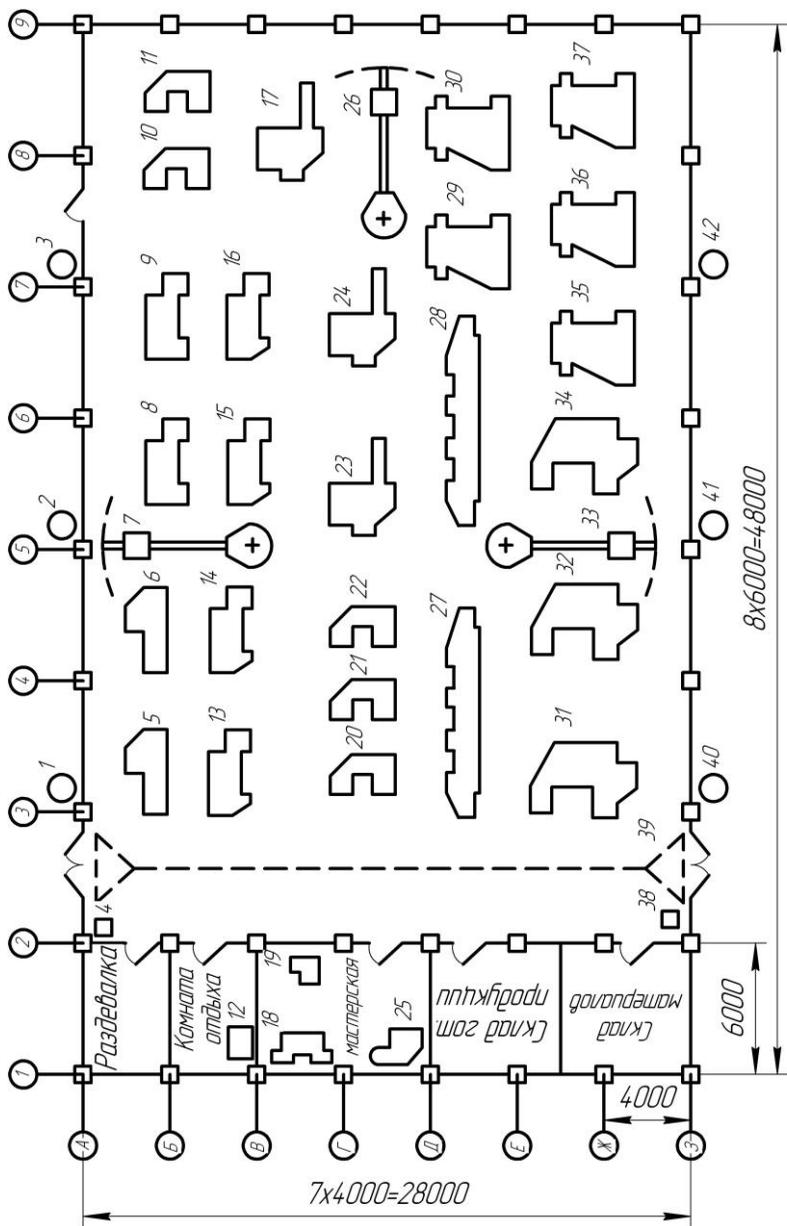


Рис. 18. План расположения 30 участка токарного цеха

Таблица 19

Перечень ЭО механического цеха серийного производства (к рис. 19)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эл.} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 55-57	Вентиляторы	4	5,5	7,5	5,5	4	7,5	
4	Кран мостовой	37	22	30	22	30	37	ПВ=60%
5, 6, 9, 10	Карусельные фрезерные станки	11	15	18,5	11	18,5	15	
7, 8	Станки заточные	4	2,2	3	3	4	2,2	1-фазные
11, 12	Станки наждачные	1,5	1,1	2,2	1,5	2,2	1,1	1-фазные
13, 22, 31, 32	Дверная завеса	2,2	4	3	4	3	2,2	
14-17	Алмазно-расточные станки	3	2,2	4	2,2	4	3	
18-21	Горизонтально-расточные станки	15	22	18,5	18,5	15	22	
23-30	Слиткообдирочные станки	5,5	7,5	4	5,5	4	7,5	
33-36, 44-47	Строгальные станки	18,5	15	11	11	18,5	15	
36-40, 47-51	Фрезерные станки	7,5	11	5,5	7,5	5,5	11	
41-43, 52-54	Расточные станки	5,5	4	3	4	3	5,5	

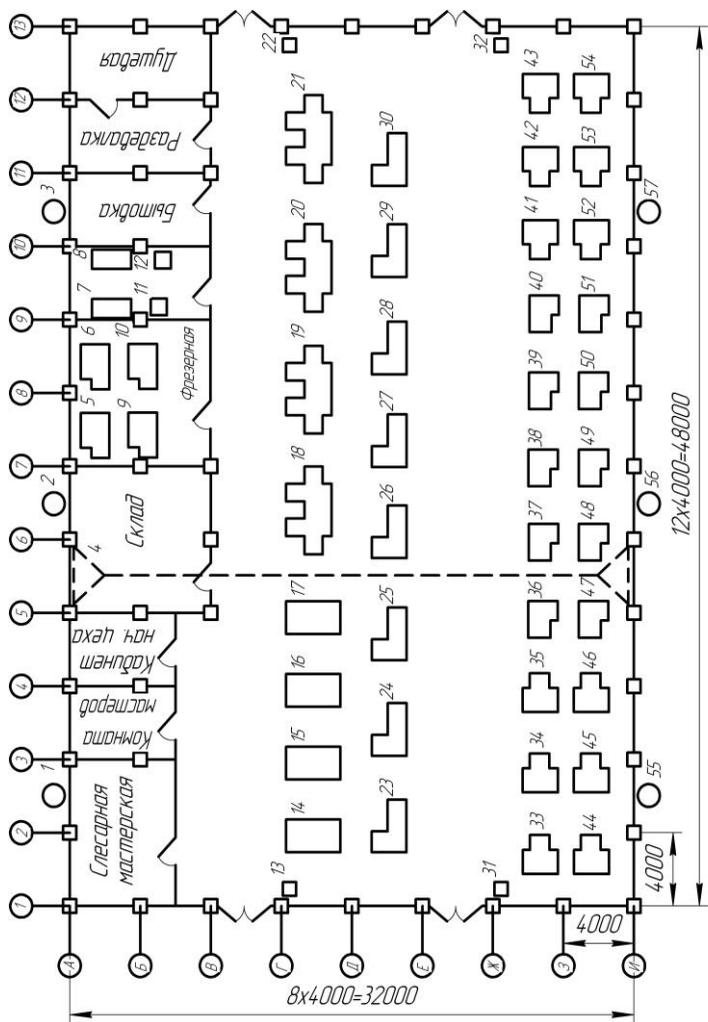


Рис. 19. План расположения Э0 механического цеха серийного производства

Таблица 20

Перечень ЭО токарного цеха (к рис. 20)

№ на плане	Наименование ЭО	Вариант, Р _{эп} , кВт						Примечание
		1	2	3	4	5	6	
1-3, 42-44	Вентиляторы	5,5	4	7,5	7,5	5,5	4	
4-6	Деревообрабатывающие станки	3	5,5	2,2	2,2	3	5,5	
7, 8	Фрезерные станки	7,5	4	5,5	4	5,5	7,5	1-фазные
9	Кран мостовой	30	37	22	30	22	37	ПВ=40%
10-13	Сварочные агрегаты	15	11	18,5	18,5	15	11	1-фазные, ПВ=60%
14, 15	Дверная завеса	3	1,5	2,2	1,5	3	2,2	
16-20	Агрегатные станки	12,5	15	17,5	17,5	12,5	15	
21-25	Токарные специальные станки	11	7,5	15	11	7,5	15	
26, 27 33, 34	Резьбонарезные станки	4	5,5	7,5	7,5	5,5	4	
28-32	Токарные полуавтоматы	22	15	18,5	15	22	18,5	
35, 36, 40, 41	Болтонарезные станки	3	2,2	4	4	3	2,2	
37-39	Агрегатно-расточные станки	15	11	7,5	11	15	7,5	

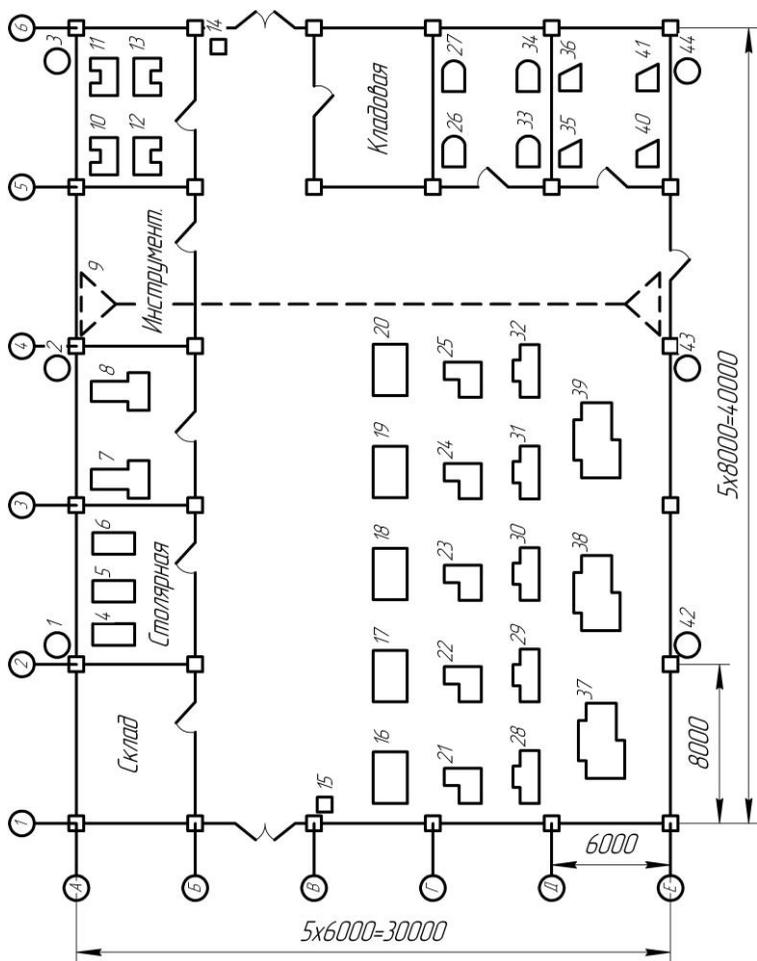


Рис. 20 План расположения 30 токарного цеха

Приложения

Приложение 1
 Расчетные коэффициенты электрических нагрузок
 промышленных предприятий

N	Наименование цехов и установок	Kи	cos
1	2	3	4
ЦЕХИ И УСТАНОВКИ ОБЩЕПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ			
1	Ремонтно-механические цехи	0,2-0,35	0,65-0,75
2	Электроремонтные цехи	0,3-0,40	0,7-0,80
3	Насосные,ацетиленовые,кислородные и компрессорные станции	0,7-0,80	0,7-0,9
4	Инструментальные цехи	0,2-0,25	0,65-0,80
5	Крановая нагрузка,подъемники	0,3-0,40	0,5-0,70
6	Лаборатории	0,6-0,90	0,7-0,90
7	Административные здания,конструкторское бюро	0,8-0,90	0,8-1,00
8	Депо,гаражи	0,3-0,8	0,6-0,90
9	Котельные	0,6-0,68	0,7-0,80
10	Склады открытые	0,2-0,40	0,6-0,70
11	Склады закрытые	0,6-0,80	0,8-1,00
12	Столовые	0,6-0,80	0,90
13	Вспомогательные цехи	0,4-0,70	0,70
14	Ремонтно-строительные цехи	0,3-0,40	0,7-0,90
15	Деревообрабатывающие цехи	0,2-0,40	0,6-0,80
16	Малярные,плотничные и др. мастерские	0,4	0,5-0,60

Продолжение приложения 1

1	2	3	4
17	Заготовительные цехи	0,4-0,60	0,5-0,75
18	Транспортные цехи	0,3	0,65
19	Гальванические цехи	0,6	0,78
20	Холодильные установки	0,6	0,80
21	Газоспасательные станции	0,8	0,90
22	Штамповочные и прессовые цехи	0,17	0,65
	Кузнечные цехи	0,20	0,65
23	Сталелитейные и чугунолитейные цехи	0,6-0,80	0,7-0,90
24	Лесосушки, сушильные цехи	0,76-0,8	0,7-0,90
25	Копры, скрапоразделочные установки	0,4	0,60
26	Электропечи	0,5-0,75	0,75-1,00
27	Вентиляционные, воздухоподводящие и дымососные установки, эксгаустеры	0,65-0,8	0,80
28	Экспериментальные и опытные цехи	0,20	0,70
29	Газогенераторные станции	0,4-0,60	0,7-0,80
30	Учебно-производственные отделения	0,8-0,9	0,80-1,00
31	Зарядные станции	0,65	0,60
32	Бытовые помещения	0,60	0,8-1,00
33	Цехи ширпотреба	0,12	0,40
34	Химводоочистка, фильтровальные станции	0,6-0,70	0,75
35	Маслохозяйство	0,35	0,55
36	Термические цехи	0,5-0,75	0,35-0,90
37	Сборочные цехи	0,55-0,75	0,6-0,85
38	Силовые станции, машинные залы и корп.	0,60	0,80
39	Рудник	0,60	0,65
40	Обрубной цех(отделение)	0,65	0,80
41	Бункера, эстакады, угольные башни и ямы	0,5-0,60	0,70
42	Углемойка, углеподготовки, угледробилки	0,5-0,70	0,75
43	Электросварочные цехи	0,3-0,70	0,35-0,65
44	Погрузочные и перегрузочные станции, приемные устройства	0,14-0,30	0,5-0,60
45	Элеваторы, бромсберги, транспортеры	0,3-0,70	0,4-0,85
46	Литейные цехи цветных металлов	0,6-0,80	0,8-0,95
47	Испытательные цехи и станции	0,30	0,50
48	Эмалировочные цехи	0,5-0,75	0,90
49	Блоки основных цехов	0,5-0,80	0,65-0,85
50	Блоки вспомогательных цехов	0,4-0,50	0,5-0,75
51	Механические цехи	0,4-0,60	0,6-0,80
52	Бойлерная	0,65	0,80
ТЕКСТИЛЬНАЯ И ТРИКОТАЖНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ			
1	Прядильные цехи	0,7-0,8	0,75
2	Ткацкие цехи	0,80	0,80
3	Отбельно-красильные и печатные цехи	0,6-0,70	0,65-0,75

Продолжение приложения 1

1	2	3	4
4	Сновальный цех	0,70	0,70
5	Цехи "медно" и "утка"	0,60	0,6-0,70
6	Отбельные цехи	0,4-0,80	0,6-0,80
7	Банкоброшный и крутильный цехи	0,50	0,70
8	Сортировочный цех	0,40	0,75
9	Вязальные цехи	0,68	0,62
10	Формировочно-выпускной цех	0,60	0,72
11	Закройно-швейный цех	0,60	0,65
КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД			
1	Цех эмалирования	0,70	0,75
2	Цех волочения	0,3-0,45	0,8-0,87
3	Цех микрокабеля	0,60	0,65
4	Корпус	0,30	0,75
МЯСОКОМБИНАТ			
1	Колбасный завод	0,50	0,60
2	Гофгара	0,30	0,50
3	Завод первичной переработки продуктов	0,20	0,40
4	Лайсток	0,15	0,40
5	Завод технических фабрикатов	0,50	0,70
6	Завод сыворотки	0,50	0,80
7	ЦХВУ	0,30	0,60
8	Конденсатная	0,50	0,55
СУДОРЕМОНТНЫЕ ЗАВОДЫ			
1	Главный корпус	0,50	0,80
2	Корпусно-котельный цех	0,60	0,65
3	Сухой док	0,50	0,60
4	Плавающий док	0,60	0,70
5	Такелажный цех	0,40	0,60
6	Механический цех	0,50	0,40
САХАРНЫЕ ЗАВОДЫ			
1	Цех рафинации	0,70	0,80
2	Выпарочное отделение	0,60	0,70
3	Цех резки й варки свеклы	0,60	0,75

Средние значения коэффициентов использования $k_{и}$ и мощности $\cos \varphi$ для различных приемников электроэнергии

Наименование электроприемников	Коэффициенты	
	использования $k_{и}$	мощности $\cos \varphi$
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы – мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные и расточные	0,12–0,14	0,4–0,5
То же при крупносерийном производстве	0,16	0,5–0,6
Штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные станки, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные и расточные станки.	0,17	0,65
Приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0,2–0,24	0,65
Переносной электроинструмент	0,06	0,5
Вентиляторы и эксгаустеры	0,6–0,65	0,8
Насосы, компрессоры, двигатель-генераторы	0,7	0,8
Краны, тележки при ПВ=25%	0,05	0,5
То же при ПВ=40%	0,1	0,5

Продолжение приложения 2

Элеваторы, транспортеры, шнеки, несблокированные конвейеры	0,4	0,75
Элеваторы, транспортеры, шнеки, сблокированные конвейеры	0,55	0,75
Сварочные трансформаторы дуговой сварки	0,2	0,4
Однопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,3	0,6
Многопостовые сварочные двигатель-генераторы	0,5	0,7
Сварочные машины шовные	0,2–0,5	0,7
То же стыковые и точечные	0,2–0,25	0,6
Сварочные дуговые автоматы	0,35	0,5
Печи сопротивления с автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75–0,8	0,95
Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий	0,5	0,95
Индукционные печи низкой частоты	–	0,35
Двигатель-генераторы индукционных печей высокой частоты	–	0,8
Ламповые генераторы индукционных печей высокой частоты	–	0,65

Приложение 3

Коэффициент максимума K_{max}

n ₃	K _и									
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
4	3,43	3,22	2,64	2,14	1,87	1,65	1,46	1,29	1,14	1,05
5	3,23	2,87	2,42	2	1,76	1,57	1,41	1,26	1,12	1,04
6	3,04	2,64	2,24	1,88	1,66	1,51	1,37	1,23	1,1	1,04
7	2,88	2,48	2,1	1,8	1,58	1,45	1,33	1,21	1,09	1,04
8	2,72	2,31	1,99	1,72	1,52	1,4	1,3	1,2	1,08	1,04
9	2,56	2,2	1,9	1,65	1,47	1,37	1,28	1,18	1,08	1,03
10	2,42	2,1	1,84	1,6	1,43	1,34	1,26	1,16	1,07	1,03
12	2,24	1,96	1,75	1,52	1,36	1,28	1,23	1,15	1,07	1,03
14	2,1	1,85	1,67	1,45	1,32	1,25	1,2	1,13	1,07	1,03
16	1,99	1,77	1,61	1,41	1,28	1,23	1,18	1,12	1,07	1,03
18	1,91	1,7	1,55	1,37	1,26	1,21	1,16	1,11	1,06	1,03
20	1,84	1,65	1,5	1,34	1,24	1,2	1,15	1,11	1,06	1,03
25	1,71	1,55	1,4	1,28	1,21	1,17	1,14	1,1	1,06	1,03
30	1,62	1,46	1,34	1,24	1,19	1,16	1,13	1,1	1,05	1,03
35	1,25	1,41	1,3	1,21	1,17	1,15	1,12	1,09	1,05	1,02
40	1,5	1,37	1,27	1,19	1,15	1,13	1,12	1,09	1,05	1,02
45	1,45	1,33	1,25	1,17	1,14	1,12	1,11	1,08	1,04	1,02
50	1,4	1,3	1,23	1,16	1,14	1,11	1,1	1,08	1,04	1,02
60	1,32	1,25	1,19	1,14	1,12	1,1	1,09	1,07	1,03	1,02
70	1,27	1,22	1,17	1,12	1,1	1,1	1,09	1,06	1,03	1,02
80	1,25	1,2	1,15	1,11	1,1	1,1	1,08	1,06	1,03	1,02
90	1,23	1,18	1,13	1,1	1,09	1,09	1,08	1,06	1,02	1,02
100	1,21	1,17	1,12	1,1	1,08	1,08	1,07	1,05	1,02	1,02

Справочные данные асинхронных двигателей

серии 4А $\left(n = 1500 \frac{\text{об}}{\text{мин}} \right)$

Тип	P _{ном.} , кВт	η _{н.} , %	cosφ _{н.}	K _п
4A71A4Y3	0,55	70,5	0,70	6
4A71B4Y3	0,75	72,0	0,73	6
4A80A4Y3	1,1	75,0	0,81	6
4A80B4Y3	1,5	77,0	0,83	6
4A90L4Y3	2,2	80,0	0,83	6
4A100S4Y3	3,0	82,0	0,83	6
4A100L4Y3	4,0	84,0	0,84	6
4A112M4Y3	5,5	85,5	0,85	6
4A132S4Y3	7,5	87,5	0,86	7,5
4A132M4Y3	11	87,5	0,87	7,5
4A160S4Y3	15	88,5	0,88	7
4A160M4Y3	18,5	89,5	0,88	7
4A180S4Y3	22	90	0,9	6,5
4A180M4Y3	30	91	0,89	6,5
4A200M4Y3	37	91	0,9	7
4A200L4Y3	45	92	0,9	7
4A225M4Y3	55	92,5	0,9	7
4A250S4Y3	75	93	0,9	7
4A250M4Y3	90	93	0,91	7
4A280S4Y3	110	92,5	0,9	6
4A280M4Y3	132	93	0,9	6
4A315S4Y3	160	93,5	0,91	6,5
4A315M4Y3	200	94	0,92	6,5
4A355S4Y3	250	94,5	0,92	7
4A355M4Y3	315	94,5	0,92	7

Приложение 5

Основные справочные данные
автоматических выключателей серий АЕ20 и АВМ

Тип выключателя	Номинальный ток выключателя, А	Номинальный ток катушки максимального расцепителя, А
АЕ2023-100	16	0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.60, 2.00, 2.50, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10.0, 12.5, 16.0
АЕ2026-10Н		
АЕ2033М-100	25	0.30, 0.40, 0.50, 0.60, 0.80, 1.00, 1.60, 2.00, 2.50, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0
АЕ2033М-200		
АЕ2036М-10Н		
АЕ2036М-20Н		
АЕ2043М-100	63	0.60, 0.80, 1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 2.50, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0
АЕ2043М-200		
АЕ2043М-300		
АЕ2043М-400		
АЕ2043М-120		
АЕ2043М-320		
АЕ2046М-10Р		
АЕ2046М-20Р		
АЕ2046М-30Р		
АЕ2046М-40Р		
АЕ2046М-12Р		
АЕ2046М-32Р		
АЕ2043МП-100		
АЕ2043МП-200		
АЕ2043МП-300		
АЕ2043МП-400		
АЕ2043МП-120		

Продолжение приложения 5

AE2043МП-320	63	0.60, 0.80, 1.00, 1.25, 1.60, 2.00, 2.50, 3.15, 4.00, 5.00, 6.30, 8.00, 10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0	
AE2046МП-10P			
AE2046МП-20P			
AE2046МП-30P			
AE2046МП-40P			
AE2046МП-12P			
AE2046МП-32P			
AE2043-100		10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0	
AE2043-200			
AE2043-300			
AE2043-400			
AE2043-120			
AE2043-32			
AE2043-10Б			
AE2046-10P			
AE2046-20P			
AE2046-30P			
AE2046-40P			
AE2046-12P			
AE2046-32P			
AE2046-10Б			
AE2044-100			
AE2049M-100			16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0
AE2049M-400			
AE2053МП-100		100	10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100
AE2053МП-200			
AE2053МП-300			
AE2053МП-400			
AE2053МП-120			
AE2053МП-320			
AE2056МП-100			
AE2056МП-200			

Продолжение приложения 5

AE2056МП-300	100	10.0, 12.5, 16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100
AE2056МП-400		
AE2056МП-120		
AE2056МП-320		
AE2063-100	160	16.0, 20.0, 25.0, 31.5, 40.0, 50.0, 63.0, 80.0, 100, 125, 160
AE2063-200		
AE2063-300		
AE2063-400		
AE2066-100		
AE2066-200		
AE2066-300		
AE2066-400		
ABM4H	400	120, 150, 200, 250, 300, 400
ABM4C	400	120, 150, 200, 250, 300, 400
ABM10H	1000	500, 600, 800, 1000
ABM10C	1000	500, 600, 800, 1000
ABM15H	1500	1000, 1200, 1500
ABM15C	1500	1000, 1200, 1500
ABM20H	2000	1000, 1200, 1600, 2000
ABM20C	2000	1000, 1200, 1600, 2000

Основные справочные данные предохранителей

Тип	Номинальный ток, А	
	предохранителя	плавкой вставки
ПР2	15	6, 10, 15
	60	15, 20, 25, 35, 45, 60
ПРС	6	1, 2, 4, 6
	25	4, 6, 10, 16, 20, 25
	63	20, 25, 40, 63
	100	40, 60, 80, 100
ПП	63	25, 40, 50, 63
	160	100, 160
	630	250, 400, 630
ПП31	63	32, 40, 50, 63
	160	50, 63, 80, 100
	250	125, 160, 200, 250
	630	200, 250, 320, 400, 500, 630
	1000	500, 630, 800, 1000

Допустимый длительный ток для проводов с
 Резиновой и поливинилхлоридной изоляцией с
 алюминиевыми жилами

Сечение токопроводящей жилы, мм ²	Ток, А, для проводов, проложенных					
	открыто	в одной трубе				
		двух одножильных	трех одножильных	четырёх одножиль- ных	одного двухжильного	одного трехжильного
2,5	24	20	19	19	19	16
4	32	28	28	23	25	21
6	39	36	32	30	31	26
10	60	50	47	39	42	38
16	75	60	60	55	60	55
25	105	85	80	70	75	65
35	130	100	95	85	95	75
50	165	140	130	120	125	105
70	210	175	165	140	150	135
95	255	215	200	175	190	165
120	295	245	220	200	230	190
150	340	275	255	—	—	—
185	390	—	—	—	—	—
240	465	—	—	—	—	—
300	535	—	—	—	—	—
400	645	—	—	—	—	—

Приложение 8

Допустимый длительный ток для четырехжильных кабелей до 1000 В с алюминиевыми жилами с бумажной пропитанной маслоканифольной и нестекающей массами изоляцией в свинцовой или алюминиевой оболочке

Сечение токо-проводящей жилы	Ток, А, для кабелей, прокладываемых	
	в земле	в воздухе
6	-	-
10	65	45
16	90	60
25	115	75
35	135	95
50	165	110
70	200	140
95	240	165
120	270	200
150	305	230
185	345	260

Основные технические данные шинопроводов переменного тока напряжением до 1000 В

Тип шинопровода	Номинальный ток, А	Номинальное напряжение, В	Сопротивление, Ом/км, провода				Динамическая стойкость по току к.з., кА
			фазного		нулевого		
			активное	индуктивное	активное	индуктивное	
Магистральные							
ШМА 73	1600	660	0,031	0,017	0,072	0,09	70
ШМА 68	2500	660	0,027	0,023	0,26	0,45	70
	4000	660	0,013	0,02	0,07	0,046	100
ШЗМ 16	1600	660	0,017	0,02	–	–	90
Распределительный							
ШРА 73	250	380/220	0,20	0,10	0,18	0,15	15
	400	380/220	0,13	0,10	0,17	0,13	25
	630	380/220	0,085	0,075	0,1	0,129	35

Приложение 10

Технические данные распределительных пунктов
серии ПР21-5

Длительно допустимый ток РП, А	Встраиваемые выключатели			
	Вводные		Линейные	
	Количество	Ток распределителя, А	Номинальный ток, А	
			1-50	50-100
630, 700	–	–	–	4
630, 700	–	–	–	4
630, 700	–	–	–	4
630, 700	–	–	4	2
630, 700	–	–	–	6
630, 700	–	–	–	2
630, 700	–	–	4	4
630, 700	–	–	2	6
630, 700	–	–	1 2	–
630, 700	–	–	1 0	2
630, 700	–	–	8	4
550, 600	1	600-630	–	4
420	1	250-400	2	2
550, 600	1	400-630	–	4
550, 600	1	400-630	2	4
420	1	250-400	6	–
550, 600	1	400-630	4	2
550, 600	1	400-630	–	6
420	1	250-400	8	–
550, 600	1	400-630	8	–
550, 600	1	400-630	6	2
550, 600	1	400-630	4	4
550, 600	1	–	–	4
480, 520	1	–	2	2

550, 600	1	–	–	4
550, 600	1	–	2	4

Продолжение приложения 10

480, 520	1	–	6	–
550, 600	1	–	4	2
550, 600	1	–	–	6
480, 520	1	–	8	–
550, 600	1	–	8	–
550, 600	1	–	6	2
550, 600	1	–	4	4

Приложение 11

Удельная мощность освещения

1	2	1	2
МЕТОЛЛООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ		КИРПИЧНОЕ ПРОИЗВОДСТВО	
Механические и сборочные цехи	0,012-0,017	Главный корпус	0,006
Литейные цехи	0,012-0,014	Глинохранилище	0,005
Кузнечно-прессовые цехи	0,013-0,014	Бешикерное отделение	0,008
Эстакады	0,001-0,002	Прессовое отделение	0,009
Цех металлоконструкций	0,02	Сушильное отделение	0,003
ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ		Печь Гофмана	0,007
Блок деревообрабатывающих цехов	0,012	Электрические подстанции	
Деревообделочный цех	0,015	Подстанции площадью до 1000 м2	0,023
Лесопильный цех	0,013	Подстанции площадью от 200 до 1000 м2	0,017
Лес-сушильный цех	0,005	Вспомогательные производственные объекты	
Цех антисептирования	0,011	Котельные площадью от 300 до 2000 м2	0,01
ПРОИЗВОДСТВО ИСКУССТВЕННОГО ШЕЛКА		Топливоподача древесная	0,005
Химический корпус	0,008	Топливоподача угольная	0,009
Текстильный корпус	0,02	Компрессорная станция	0,009
Кордный корпус	0,018	Насосные и компрессорные площадью до 100 м2	0,018
Целлофановый корпус	0,013	Насосные и компрессорные площадью от 200 до 1000 м2	0,012
Кислотный корпус	0,009	Склад корбида	0,022
Склад корбида	0,01	Кислородная станция	0,024
Кислородная станция	0,01	Склад кислородных баллонов	
Склад кислородных баллонов	0,006	Мотовозное депо	
Мотовозное депо	0,008	Паровозовагонное депо	
Паровозовагонное депо	0,009	Пожарное депо	
Пожарное депо	0,014	Водонапорная башня	
Водонапорная башня	0,007	Теплофикационные туннели (при напряжении сети 36 В на 1 м)	
Теплофикационные туннели (при напряжении сети 36 В на 1 м)	0,01	Главные магазины и материальные склады	
Главные магазины и материальные склады	0,009	Склад огнеопасных материалов	
Склад огнеопасных материалов	0,009	Склад стройматериалов	
Склад стройматериалов	0,005	Склад цемента (механизированный)	
Склад цемента (механизированный)	0,009		
		ПОДСОБНЫЕ ОБЪЕКТЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ	
		Лаборатория	0,02
		Заводоуправление	0,02
		Контрольно-бытовые помещения цехов	0,018
		Бытовые помещения цехов	0,014
		Проходная	0,021
		Столовая	0,02
		Медпункт	0,021
		Гараж	0,015
		Ремесленные училища с мастерскими, занимающими 30% площади)	0,016

Продолжение приложения 11

Наименование цеха	Руд, кВт/м2	Наименование цеха	Руд, кВт/м2
1	2	1	2
ЧЕРНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ		Газоочистка	0,012
Мартеновский цех	0,01	Миксер	0,015
Разгрузочный пролет	0,01	Двор изложниц	0,006
Разливочный пролет	0,016	Капровое отделение	0,005
Прокатный цех	0,012	Драпо-разделочное отделение	0,004
Доменный цех (без рудного двора и площади печи, с учетом площадок и переходов)	0,011	ЦВЕТНАЯ МЕТАЛЛУРГИЯ	
		Главный корпус обогатительной фабрики	0,008
Корпус крупного дробления	0,013	СЕРОУГЛЕРОДНЫЙ ЗАВОД	
Корпус среднего дробления	0,01	Дисциплинационный корпус	0,018
Корпус реагентный	0,009	Реторный корпус	0,007
Корпус сгустительный	0,005	Сероплавильное отделение	0,006
Корпус бункеров, шаров	0,004	Склад сероуглерода	0,014
Корпус дробления извести	0,007	Склад дистиллята	0,014
Галерея транспортеров (включая перегрузочные узлы)	0,007	Разливочная	0,022
		Газгольдерная	0,013
Склад дробленой руды	0,007	Станция растворов	0,008

Определение $\beta_{5\%}^*$

μ_i/μ_{i+1}	$P^* = \sum_{j=1}^n P_{\text{полн.}}/P_{\text{полн.}}$																		
	1,0	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55	0,5	0,45	0,4	0,35	0,3	0,25	0,2	0,15	0,1
0,005	0,005	0,005	0,006	0,007	0,007	0,009	0,010	0,011	0,013	0,016	0,019	0,024	0,030	0,039	0,051	0,073	0,11	0,18	0,34
0,01	0,009	0,011	0,012	0,013	0,015	0,017	0,019	0,023	0,026	0,031	0,037	0,047	0,059	0,076	0,1	0,14	0,2	0,32	0,52
0,02	0,02	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,09	0,11	0,14	0,19	0,26	0,36	0,51	0,71
0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,11	0,13	0,16	0,21	0,27	0,36	0,48	0,64	0,81
0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,15	0,18	0,22	0,27	0,34	0,44	0,57	0,72	0,86
0,05	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,10	0,11	0,13	0,15	0,18	0,22	0,28	0,33	0,41	0,51	0,64	0,79	0,9
0,06	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,18	0,21	0,26	0,31	0,38	0,47	0,58	0,70	0,83	0,92
0,08	0,08	0,08	0,09	0,11	0,12	0,13	0,15	0,17	0,20	0,24	0,28	0,33	0,40	0,48	0,57	0,68	0,79	0,89	0,94
0,1	0,09	0,10	0,12	0,13	0,15	0,17	0,19	0,22	0,25	0,29	0,34	0,40	0,47	0,56	0,66	0,76	0,85	0,92	0,95
0,15	0,14	0,16	0,17	0,20	0,23	0,25	0,28	0,32	0,37	0,42	0,48	0,56	0,67	0,72	0,80	0,88	0,93	0,95	
0,20	0,19	0,21	0,23	0,26	0,29	0,33	0,37	0,42	0,47	0,54	0,64	0,69	0,76	0,83	0,89	0,93	0,95		
0,25	0,24	0,26	0,29	0,32	0,36	0,41	0,45	0,51	0,57	0,64	0,71	0,78	0,85	0,90	0,93	0,95			
0,30	0,29	0,32	0,35	0,39	0,43	0,48	0,53	0,60	0,66	0,73	0,80	0,88	0,90	0,94	0,95				
0,35	0,33	0,37	0,41	0,45	0,50	0,56	0,62	0,68	0,74	0,81	0,86	0,91	0,94	0,95					
0,40	0,38	0,42	0,47	0,52	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,86	0,91	0,93	0,95						
0,45	0,43	0,47	0,52	0,58	0,64	0,70	0,76	0,81	0,87	0,91	0,93	0,95							
0,50	0,48	0,53	0,58	0,64	0,70	0,76	0,82	0,89	0,91	0,94	0,95								
0,55	0,52	0,57	0,63	0,69	0,75	0,82	0,87	0,91	0,94	0,95									
0,60	0,57	0,63	0,69	0,75	0,81	0,87	0,91	0,94	0,95										
0,65	0,62	0,66	0,74	0,81	0,86	0,91	0,94	0,95											
0,70	0,66	0,73	0,80	0,86	0,90	0,94	0,95												
0,75	0,71	0,78	0,85	0,90	0,93	0,95													
0,80	0,76	0,83	0,89	0,94	0,95														
0,85	0,8	0,88	0,94	0,95															
0,90	0,85	0,92	0,95																
1,0	0,95																		

Принятые в тексте сокращения

ЭП – электроприёмник

ШР – шкаф распределительный

ШРА – шинопровод распределительный

ПКР – повторно-кратковременный режим

ПВ – продолжительность включения

ЭО – электрооборудование

Литература

1. Б.А. Князевский, Б.Ю. Липкин «Электроснабжение промышленных предприятий» Москва ВШ 1986г
2. Ю.Д. Сибикин, М.Ю. Сибикин, В.А. Яшков «Электроснабжение промышленных предприятий и установок» Москва ВШ 2001г
3. В.Н. Радченко «Методические указания для выполнения курсового проектирования»
4. А.А. Федоров, Г.В. Сербиновский «Справочник»
5. М.А.Беркович; В.В.Молчанов; В.А.Семенов – «Основы техники релейной защиты».
6. А.В. Кабышев, С.Г. Обухов «Расчет и проектирование систем электроснабжения: справочные материалы по электрооборудованию» Учебное пособие. Томск 2005 г.
7. В.П. Шеховцов «Расчет и построение схем электроснабжения» 2005г

Оглавление

Введение	3
1. Определение расчетных нагрузок цеха	4
2. Определение расчетных нагрузок предприятия	9
3. Расчет показателей графиков нагрузок	10
4. Построение картограмм нагрузок	13
5. Расчет рационального напряжения, питающей сети предприятия.	14
6. Выбор защитных аппаратов и проводников в сети напряжением до 1000 В	16
7. Выбор автоматических выключателей	17
8. Выбор предохранителей	19
9. Выбор распределительных конструкций	21
10. Расчет заземляющего устройства.	21
10.1 Порядок расчета заземляющего устройства	22
11. Расчет молниезащиты	24
11.1 Порядок расчета молниезащиты	24
12. Порядок решения практического задания	26
13. Распределение ЭП по группам и узлам	26
14. Составление таблицы с характеристиками ЭП	26
Исходные данные для практических заданий	28
Приложения	69
Приложение 1	70
Приложение 2	73
Приложение 3	75
Приложение 4	76
Приложение 5	77
Приложение 6	80
Приложение 7	81
Приложение 8	82
Приложение 9	83
Приложение 10	84
Приложение 11	86
Приложение 12	88
Принятые в тексте сокращения	89
Литература	90

Учебно-методическое пособие

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ

РИО ПГУ, 3300 Тирасполь, ул. 25 Октября, 128

Издается в авторской редакции
Формат 60х90/16 объем 3,5 п.л. Тираж 10 экз.
Отпечатано на принтере

