

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Мусьял Александр Вячеславович
Должность: Ректор
Дата подписания: 20.09.2024 10:45:11
Уникальный идентификатор документа:
297fef716e5ece559822a236feffc4d8a43d0cf1

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
**«Курский государственный аграрный университет
имени И.И. Иванова»**

Кафедра электротехники и электроэнергетики

**Методические указания по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Электроснабжение»**

Направление подготовки: 35.03.06 Агроинженерия,
профиль «Электрооборудование и электротехнологии в АПК»

Факультет: инженерный

Форма обучения: очная, заочная

Курск - 2024

1. Цели задачи курсового проекта

Важнейшим компонентом образовательного процесса является подготовка и защита курсового проекта, цель которого заключается в закреплении теоретических знаний и приобретении практических навыков по проектированию систем электроснабжения сельскохозяйственных и промышленных предприятий и обосновании эффективности принятых решений.

Цель написания курсового проекта:

- проектирование электроснабжения цеха или участка производственного предприятия по заданной планировке и параметрам электроприемников;
- закрепление практических навыков в комплексных расчетах параметров электрических сетей предприятия;
- умение пользоваться справочной и технической литературой для выбора необходимой аппаратуры или определения ее характеристик, выбора средств защиты от короткого замыкания, перегрузок и перенапряжения.

Задачи написания курсового проекта:

- дать обучающимся знания об электропотреблении и электрических нагрузках в электрических сетях;
- научить методам расчета и определения режимов работы элементов электрической сети влияющих на качество электрической энергии; сформировать навыки проектирования систем электроснабжения сельскохозяйственных предприятий.

В результате подготовки, написания и защиты курсовой работы студенты должны:

знать:

- основные требования нормативно-технической документации и нормативных материалов в электроэнергетике;
- основные параметры электроустановок, входящих в электрическую сеть;
- режимы работы элементов электрической сети;
- технические средства измерения и контроля основных параметров электроэнергетического и электротехнического оборудования;

уметь:

- оценивать техническое состояние и определять перспективы развития системы электроснабжения;
- выполнять расчеты электрических нагрузок, электрических сетей, токов коротких замыканий и замыканий на землю;
- составлять схемы замещения элементов электрических сетей;

владеть:

- методами и техническими средствами определения и повышения качества электроэнергии.

При подготовке, написании и защиты курсового проекта по дисциплине «Электроснабжение» у обучающихся формируются следующие компетенции:

ПК - Индикаторы профессиональной(ых) компетенции(й)

| Код | Наименование компетенции |
|--------|---|
| ПК-3.1 | Демонстрирует знания энергетического, электротехнического оборудования и передового опыта в области эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок в сельскохозяйственном производстве. |
| ПК-3.2 | Вносит предложения и выполняет работы по повышению эффективности эксплуатации энергетического и электротехнического оборудования, машин и установок. |
| ПК-4.1 | Рассчитывает и анализирует параметры электрооборудования систем электроснабжения объекта. |
| ПК-4.2 | Рассчитывает и анализирует режимы работы системы электроснабжения объекта |
| ПК-4.3 | Выбирает оптимальные технические решения для разработки отдельных разделов проектов систем электроснабжения объектов |

2. Выбор темы курсового проекта

Тему курсового проекта обучающийся выбирает самостоятельно из числа рекомендованных кафедрой, руководствуясь интересом к проблеме, темой планируемой выпускной квалификационной работы, практическим опытом, возможностью получения фактических данных, наличием специальной литературы.

Исходными данными для выполнения курсового проекта являются данные типовых проектов производственных объектов, выдаваемые в виде задания руководителем курсового проекта.

Студенты могут предложить свою тему курсового проекта, учитывая, что основным требованием является ее практическая актуальность, а также соответствие специализации и направлениям научно исследовательской работы кафедры.

2. План и структура курсового проекта

План (содержание) курсового проекта должен быть тщательно продуман и составлен на основе предварительного ознакомления с литературой и исходным материалом. При подготовке плана необходимо наметить вопросы, которые подлежат рассмотрению, дать названия главам и определить последовательность изложения вопросов. Правильно построенный план работы служит организующим началом в работе обучающихся, помогает систематизировать материал, обеспечивает последовательность его изложения.

План работы обучающийся составляет самостоятельно, с учетом замысла и индивидуального подхода, придерживаясь рекомендуемой ниже структуры.

Курсовой проект включает:

- титульный лист;

- содержание;
- введение (2-3 стр.);
- основное содержание курсовой работы (20-25 стр.);
- заключение (3-4 стр.);
- список источников (не менее 15 источников);
- приложения (по тексту изложения работы обязательно должны быть ссылки на номера приложений).

Общий объем курсовой работы не должен превышать 40 страниц машинописного текста, не считая приложений.

Курсовой проект должен быть оформлена в соответствии с требованиями стандартов по оформлению текстовых работ.

Во введении работы обучающийся должен обосновать актуальность рассматриваемой темы, ее практическую значимость, сформулировать цель и задачи курсового проекта. Причем цель курсового проекта должна определяться в соответствии с темой проекта. Для достижения цели обучающийся определяет задачи, которые конкретизируют цель с учетом информационных и методических возможностей проведения расчета. Кроме того, во введении целесообразно указать основные методы расчета, которые обучающийся использовал при расчетах систем электроснабжения.

В первом разделе курсового проекта (*Краткая характеристика производства и электропотребителей участка*) должна быть изложена информация о назначении производства, о выпускаемой продукции данным участком или цехом, а также технологическом процессе и выполняемых работах. Также в данном разделе необходимо дать характеристику электропотребителям и их назначение в технологическом процессе или в выполняемых работах.

План участка. Ведомость установленной мощности

План участка или цеха представляется в графической части курсового проекта. В подразделе необходимо привести «Ведомость установленных мощностей электроприемников».

| № на плане | Наименование электрооборудования | Рп, кВт | Технические данные | | Приведенная мощность, Рн, кВт | Примечание |
|------------|----------------------------------|---------|--------------------|-------|-------------------------------|------------|
| | | | К _и | cos φ | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Расчет электрических нагрузок

При разработке проекта электроснабжения предприятия необходимо определить максимальную электрическую мощность, передачу которой требуется обеспечить для нормальной работы объекта. В зависимости от этого значения, называемого *расчетной нагрузкой*, выбирается источник электроснабжения и все оборудование электрической сети, обеспечивающее

передачу требуемой мощности: линии, трансформаторы, распределительные устройства. Неточность определения расчетной нагрузки ведет к перерасходу проводникового материала или ухудшению надежности электроснабжения.

Расчетная нагрузка состоит из силовой и осветительной нагрузки.

Для определения расчетной силовой нагрузки представлен метод упорядоченных диаграмм.

Для определения осветительной нагрузки изложены методы: точечного расчета освещенности; коэффициента использования светового потока.

Результаты расчетов сводятся в «Сводную ведомость расчетных нагрузок»

Расчет силовых электрических нагрузок

Для расчета силовой нагрузки необходимо:

- по заданной планировке определить количество расчетных узлов электроснабжения;
- нагрузку электроприемников, работающих в повторно-кратковременном режиме (ПКР), привести к длительному режиму (ДР);
- мощность однофазных электроприемников привести к условной трехфазной;
- рассчитать нагрузки по распределительным пунктам и заполнить «Сводную ведомость расчетных нагрузок».

Для определения количества расчетных узлов электроснабжения необходимо разбить электроприемники на группы по территориальному признаку, т.е. определить количество распределительных шкафов и присоединенных в них электроприемников.

Распределительные шкафы должны быть размещены вдоль стен, а при необходимости около опорных колонн, но не загромождать проход к оборудованию и не на проезжей части.

Количество присоединенных трехфазных электроприемников к шкафам не должно превышать 12 штук, а при наличии в расчетной группе однофазных электроприемников - 8, что обусловлено конструктивными особенностями шкафов.

Расстояние от электроприемника до распределительного шкафа должно быть минимальным.

Пример распределения электроприемников по расчетным группам приведен на рисунке 1

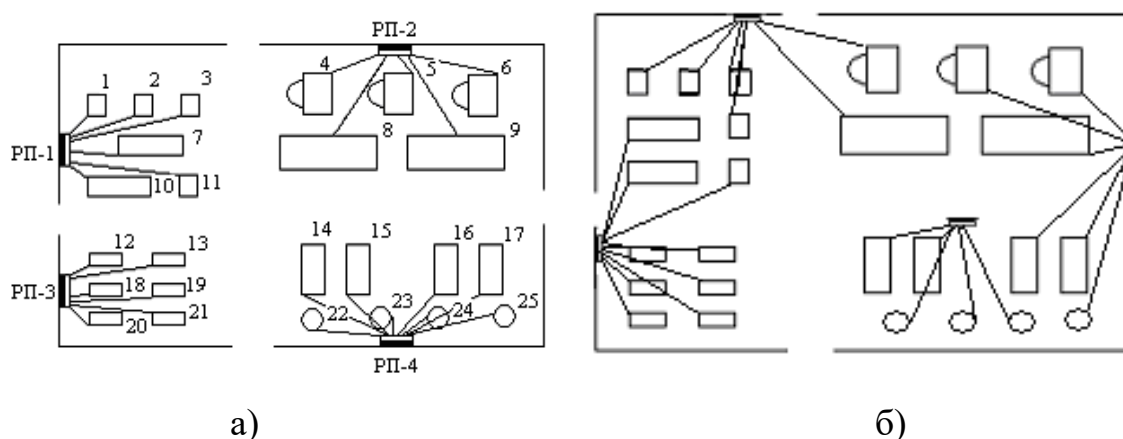


Рисунок 1 а) правильное распределение; б) неправильное распределение электроприемников по расчетным группам.

Для двигателей повторно-кратковременного режима номинальная мощность приводится к длительному режиму по формуле

$$P_{ном} = P_{пв} \cdot \sqrt{\frac{ПВ}{100}},$$

где $P_{ном}$ - номинальная мощность электродвигателя при длительном режиме, Вт;

$P_{пв}$ – мощность электродвигателя при повторно-кратковременном режиме, Вт;

$ПВ$ – коэффициент, характеризующий продолжительность включения электродвигателя в повторно-кратковременном режиме, %.

Однофазные электроприемники, включенные на фазные или линейные напряжения, должны быть распределены по фазам и учитываются как эквивалентная трехфазная мощность.

Для определения эквивалентной расчетной трехфазной мощности

- распределяют однофазные электроприемники на фазные или линейные напряжения с минимальной неравномерностью (см. рисунок 2);

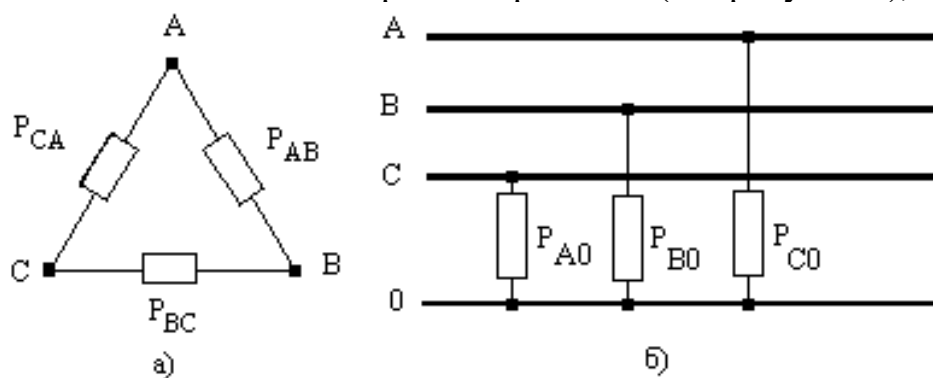


Рисунок 2 - Распределение однофазных электроприемников при включении на а) линейное б) фазное напряжение.

- определяем наиболее загруженную фазу.

При включении электроприемников на линейное напряжение наиболее загруженная фаза определяется по формулам

$$P^{(1)}_A = \frac{P_{AB} + P_{CA}}{2};$$

$$P^{(1)}_B = \frac{P_{AB} + P_{BC}}{2};$$

$$P^{(1)}_C = \frac{P_{CB} + P_{CA}}{2},$$

где $P^{(1)}_A$, $P^{(1)}_B$, $P^{(1)}_C$ – однофазная нагрузка на фазы А, В, С соответственно, Вт.

- условная трехфазная номинальная мощность $P^{(3)}_{ном}$ определяется по формуле

$$P^{(3)}_{ном} = 3P^{(1)}_{max}$$

Для определения нагрузки расчетных узлов электроснабжения необходимо заполнить колонки 1, 2, 3, 4 в таблице «Сводная ведомость расчетных нагрузок».

В колонке 1 записываем номер(а) электроприемника(ов) присвоенные на планировке. Во 2-ой - наименование электроприемника, в 3-ей - номинальную мощность электроприемника $P_{ном}$, кВт, причем для однофазных

и работающих в режиме ПКР электроприемников записываем данные в виде дроби: в числителе исходную мощность, т.е. $P_{пв}$ и $P^{(1)}$, в знаменателе номинальную мощность электроприемника $P_{ном}$, кВт. В колонках 4, 6, 7, 8 записываем параметры электроприемников, где n - количество электроприемников данного наименования, $K_{и}$ - коэффициент использования, $\cos\varphi$ - коэффициент мощности, а

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos \varphi}$$

В колонке 5 записываем общую мощность, которая находится по формуле

$$\sum P_{ном} = n \cdot P_{ном}$$

Определяем среднюю активную и реактивную мощность за смену $P_{см}$, кВт; $Q_{см}$, кВАр соответственно по формулам

$$P_{см} = K_{и} \cdot \sum P_{ном};$$

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

Результаты заносятся в колонки 9, 10.

В строке «Всего» заполняем колонки 4, 5, 9, 10 суммированием соответствующих параметров и находим $\sum n$, $\sum P_{ном.гр.}$, $\sum P_{см}$, $\sum Q_{см}$.

Полная мощность за смену для расчетной группы, кВА,

$$S_{см} = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2}$$

Параметры $K_{и.гр.}$, $\cos\varphi_{гр.}$, $\operatorname{tg}\varphi_{гр.}$ для расчетного узла определяется по формулам

$$K_{и.гр.} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном.гр.}}; \cos\varphi_{гр.} = \frac{\sum P_{см}}{S_{см}}; \operatorname{tg}\varphi_{гр.} = \frac{\sum Q_{см}}{\sum P_{см}}$$

Параметр m , определяющий разброс мощностей для расчетного узла, определяется отношением наибольшей и наименьшей номинальных мощностей в группе

$$m = \frac{P_{ном.макс}}{P_{ном.мин}}$$

Образец заполнения для одного расчетного узла (колонки 1-11) представлен ниже

| № по плану | Наименование узла питания и электроприемников | Нагрузка установленная | | | | | | Нагрузка средняя за смену | | |
|------------|---|---------------------------------|-----|----------------------------------|---------|---------------|----------------------------|---------------------------|--------------------|-------------------|
| | | Одного ЭП $P_{ном}$, кВт | n | Общая $\sum P_{ном}$, кВт | $K_{и}$ | $\cos\varphi$ | $\operatorname{tg}\varphi$ | $P_{см}$, кВт | $Q_{см}$, кВАр | $S_{см}$, кВА |
| РП-1 | | | | | | | | | | |
| 1 | Сварочные преобразователи | 12 | 1 | 12 | 0,2 | 0,4 | 2,29 | 2,4 | 5,496 | |
| 2 | Сварочный полуавтомат | 10 | 1 | 30 | 0,2 | 0,4 | 2,29 | 6 | 13,74 | |
| 3,4 | Кондиционер | 16 | 2 | 32 | 0,7 | 0,8 | 0,75 | 22,4 | 16,8 | |
| 18,20 | Электropечи сопротивления | 48 | 2 | 96 | 0,75 | 0,87 | 0,56 | 72 | 40,32 | |
| | Всего | | 6 | 160 | 0,643 | | | 102,8 | 76,36 | 128,05 |

Эффективное число электроприемников n_3 зависит от параметров n , Ки.гр., m . Упрощенные варианты определения n_3 представлены ниже

| n | Ки.гр. | m | Формула для определения n_3 |
|--|------------|----------|---|
| <5 | $\geq 0,2$ | ≥ 3 | $n_3 = \frac{\left(\sum_1^n P_{ном.гр} \right)^2}{\sum_1^n P^2_{ном}}$ |
| ≥ 5 | $\geq 0,2$ | < 3 | $n_3 = n$ |
| ≥ 5 | $\geq 0,2$ | ≥ 3 | $n_3 = \frac{2 \sum P_{ном.гр}}{P_{ном.макс}}$ |
| ≥ 5 | $\leq 0,2$ | ≥ 3 | $n_3 = \frac{2 \sum P_{ном.гр}}{P_{ном.макс}}$ |
| *) В тех случаях когда при расчете получается $n_3 > n$, следует принимать $n_3 = n$. | | | |
| **) Если $n > 3$, а $n_3 < 4$ расчетная максимальная нагрузка рассчитывается $P_M = k_3 \cdot \sum P_{ном.гр}$, где $k_3 = 0,9$ – коэффициент загрузки для длительного режима. | | | |

Определяем коэффициенты максимума для активной и реактивной мощности K_M, K_M' (колонки 14,15).

Для активной мощности коэффициент максимума K_M зависит от эффективного числа электроприемников n_3 и коэффициента использования для расчетного узла Ки гр. и определяется:

| n_3 | Ки гр | | | | | | | | | |
|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 0,1 | 0,15 | 0,2 | 0,3 | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 |
| 4 | 3,43 | 3,11 | 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 |

Для реактивной мощности коэффициенты максимума K_M' зависит от числа электроприемников в расчетном узле $\sum n$. В соответствии с практикой проектирования принимается $K_M' = 1,1$ при $\sum n \leq 10$ и $K_M' = 1$ при $\sum n > 10$.

Определяем максимальную расчетную нагрузку (активную, P_M , кВт, реактивную, Q_M , кВАр, полную, S_M , кВА, мощности) и максимальный ток, I_M , А, результат заносится в колонки 15-18.

$$P_M = K_M \cdot P_{см},$$

$$Q_M = K_M' \cdot Q_{CM},$$

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2},$$

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_L},$$

где U_L – линейное напряжение, кВ.

Расчет выполняется для всех расчетных узлов объекта. Расчетная нагрузка и максимальный ток всех узлов суммируются и заносятся в строку «Всего на НН» в колонки 15-18 таблицы Сводная ведомость и представляют собой расчетную силовую нагрузку на стороне низкого напряжения.

Расчет осветительной нагрузки

В настоящем разделе необходимо выполнить расчет освещения объекта.

Конечной целью расчета освещения является:

- выбор осветительных приборов;
- определение количества светильников и их расположение (расстояние между светильниками, высота подвеса).

ПУЭ предусматривает три системы освещения (общее, местное и комбинированное) и два вида освещения (рабочее и аварийное).

При общем освещении освещенность рабочих поверхностей и всего помещения обеспечивается светильниками, размещенными равномерно по всей площади помещения или локализовано путем группировки их в местах, требующих повышенной освещенности.

При местном освещении требуемую освещенность создают только на рабочих поверхностях. Светильники местного освещения чаще устанавливают в непосредственной близости к рабочему месту. Местное освещение рассчитывается, как правило, на напряжение 12 и 40 В.

При комбинированном освещении необходимую освещенность рабочих поверхностей обеспечивают светильниками общего и местного освещения. Их применяют для особо точных работ.

Применение только одного местного освещения ПУЭ запрещают.

Рабочее освещение создает требуемую по нормам освещенность, обеспечивая этим необходимые условия работы при нормальной эксплуатации.

Аварийное освещение должно давать возможность в одних помещениях продолжать работу при сниженной освещенности (аварийное освещение для продолжения работы), в других – безопасно выйти людям из помещения (эвакуационное аварийное освещение) при отключении рабочего освещения.

Аварийное освещение для продолжения работы предусматривают для помещений и на открытых площадках, где отсутствие света может стать причиной взрыва, пожара, или привести к длительному нарушению технологического процесса или вызвать опасность травматизма в местах большого скопления людей.

Наименьшая допустимая освещенность рабочих поверхностей, требующих обслуживания при аварийном освещении должна составлять не менее 5% освещенности, нормируемой для рабочего освещения при системе общего освещения, но не менее 2 лк.

Необходимо учитывать, что для производственных помещений, освещения взрывоопасных помещений, наружного освещения выбираются светильники определенного типа.

Для производственных помещений применяют светильники:

- с лампами накаливания – НСПОЗХ100, НСП-22(УП24), УПД, ППД-100, ППД-200, ППД-500, ГСП15, Н4Т14, НСП-19;

- с лампами ДРЛ – СД2ДРЛ, С34ДРЛ, С35ДРЛ, УПДДРЛ, РСП07, РСП-08, РСП-10, РСП11-001, РСП-002, РСП05, РСП005, РСП15, ГСП18, СЗЛ;

- с люминесцентными лампами – ПВЛМ, ЛОУШ, ЛД, ЛСП02, ЛСП04, ЛСП06, ПВЛП, ЛСП13, ЛСП18, ЛВП02.

При расчетах освещения используют методы: точечный и коэффициента использования светового потока.

Метод коэффициента использования светового потока предназначен для расчета общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей и при отсутствии крупных затеняющих предметов. Точечный метод служит для расчета освещения как угодно расположенных поверхностей и при любом распределении освещенности.

Расчет освещенности точечным методом

1. Выбрать тип светильника и лампы в соответствии с освещаемым объектом

Технические данные ламп накаливания (220 В)

| Мощность | Тип лампы | Световой поток, лм, лампы при напряжении, В, равном | | | | Тип цоколя лампы |
|----------|-----------|---|---------|-------|---------|------------------|
| | | 127 | 127-135 | 220 | 220-235 | |
| 15 | В | 135 | 110 | 105 | 85 | Е-27 |
| 25 | В | 260 | 195 | 220 | 190 | «-» |
| 40 | Б | 490 | 370 | 400 | 300 | «-» |
| 40 | БК | 520 | - | 460 | - | «-» |
| 60 | Б | 820 | 650 | 715 | 550 | «-» |
| 80 | БК | 875 | - | 790 | - | «-» |
| 100 | Б | 1560 | 1250 | 1350 | 1090 | «-» |
| 100 | БК | 1630 | - | 1450 | - | «-» |
| 150 | Г | 230 | - | 2000 | - | «-» |
| 150 | Б | - | 2000 | 2100 | 1840 | «-» |
| 200 | Г | 3200 | 2780 | 2800 | - | «-» |
| 200 | Б | - | - | 2920 | 2540 | «-» |
| 300 | Г | 4950 | - | 4600 | 4000 | Е27, Е40 |
| 500 | Г | 9100 | - | 8300 | 7200 | Е40 |
| 750 | Г | - | - | 13100 | - | «-» |
| 1000 | Г | 195500 | - | 18600 | - | «-» |
| 1500 | Г | 29600 | - | 29000 | - | «-» |

Буквы обозначают: В – вакуумные лампы; Г – газонаполненные; Б – биспиральные газонаполненные; БК – биспиральные криптоновые.

Технические данные металлогалогенных ламп

| Тип лампы | Номинальное Напряжение сети, А | Ток лампы, А | Мощность, Вт | Световой поток, лм |
|---|--------------------------------|--------------|--------------|--------------------|
| Лампы с добавками иодиодов натрия, индия и таллия | | | | |
| ДРИ-250 | 220 | 2,15 | 250 | 18700 |
| ДРИ-400 | 220 | 3,4 | 400 | 34000 |
| ДРИ-700 | 220 | 6,5 | 700 | 59500 |
| ДРИ-1000 | 220 | 8,55 | 1000 | 90000 |
| ДРИ-2000 | 380 | 9,0 | 2000 | 190000 |
| Лампы с добавками иодиодов натрия и скандия | | | | |
| ДРИ-250-5 | 220 | 2,15 | 250 | 19000 |
| ДРИ-250-6 | 220 | 2,15 | 250 | 19000 |
| ДРИ-400-5 | 220 | 3,3 | 400 | 36000 |
| ДРИ-400-6 | 220 | 3,3 | 400 | 33000 |
| ДРИ-700-5 | 220 | 6,0 | 700 | 60000 |
| ДРИ-700-6 | 220 | 6,0 | 700 | 56000 |
| ДРИ-1000-5 | 380 | 4,7 | 1000 | 103000 |
| ДРИ-2000-6 | 380 | 9,2 | 2000 | 200000 |
| ДРИ-35000-6 | 380 | 16,0 | 3500 | 350000 |

Технические данные люминесцентных ламп

| Тип лампы | Номинальное напряжение сети, В | Мощность, Вт | Ток лампы, А | Световой поток, лм, номинальный |
|-----------|--------------------------------|--------------|--------------|---------------------------------|
| ЛДЦ-15-4 | 127 | 15 | 0,33 | 500 |
| ЛД-15-4 | | | | 590 |
| ЛХБ-15-4 | | | | 675 |
| ЛТБ-15-4 | | | | 700 |
| ЛБ-15-4 | | | | 760 |
| ЛДЦ-20-4 | 220 | 20 | 0,37 | 820 |
| ЛД-20-4 | | | | 920 |
| ЛХБ-20-4 | | | | 935 |
| ЛТБ-20-4 | | | | 975 |
| ЛБ-20-4 | | | | 1180 |
| ЛДЦ-30-4 | 220 | 30 | 0,36 | 1450 |
| ЛД-30-4 | | | | 1640 |
| ЛХБ-30-4 | | | | 1720 |
| ЛТБ-30-4 | | | | 1729 |
| ЛБ-30-4 | | | | 2100 |
| ЛДЦ-40-4 | 220 | 40 | 0,43 | 2100 |
| ЛД-40-4 | | | | 2340 |
| ЛХБ-40-4 | | | | 2600 |
| ЛТБ-40-4 | | | | 2580 |
| ЛБ-40-4 | | | | 3000 |
| ЛХБЦ-40-4 | | | | 2000 |
| ЛДЦ-65-4 | 220 | 65 | 0,67 | 3050 |
| ЛД-65-4 | | | | 3570 |
| ЛХБ-65-4 | | | | 3820 |
| ЛТБ-65-4 | | | | 3980 |
| ЛБ-65-4 | | | | 4550 |
| ЛДЦ-80-4 | 220 | 80 | 0,865 | 3560 |
| ЛД-80-4 | | | | 4070 |
| ЛХБ-80-4 | | | | 4440 |
| ЛТБ-80-4 | | | | 4440 |
| ЛБ-80-4 | | | | 5220 |

Обозначения: Д – дневного света; ХБ – холодно-белая; Ц – правильной светопередачи; Б – белая; ТБ – тепло-белая.

Обозначение ламп расшифровываются следующим образом:

ЛДЦ – люминесцентная, дневного света, улучшенной светопередачи,

ЛД – люминесцентная, дневного света,

ЛХБ – люминесцентная, холодно-белого света,
 ЛТБ – люминесцентная, тепло-белого света,
 ЛБ – люминесцентная, белого света,
 ДРЛ – дуговая ртутная лампа высокого давления,
 ДРИ – дуговая ртутная лампа высокого давления с иодинами,
 ДНаТ – дуговая натриевая лампа высокого давления.

Технические данные газоразрядных ламп высокого давления

| Тип | Номинальная мощность, Вт | Ток лампы, А | Световой поток, клм | Срок службы, тыс. час |
|-----------|--------------------------|--------------|---------------------|-----------------------|
| ДРЛ 80 | 80 | – | 2,3 | 6 |
| ДРЛ 125 | 125 | – | 3,7 | 6 |
| ДРЛ 250 | 250 | – | 8,2 | 8 |
| ДРЛ 400 | 400 | – | 14,4 | 10 |
| ДРЛ 700 | 700 | – | 25,9 | 10 |
| ДРЛ 1000 | 1000 | – | 37,4 | 10 |
| ДРИ 250 | 250 | 2,5 | 18,7 | 4,5 |
| ДРИ 400 | 400 | 3,5 | 32 | 4,5 |
| ДРИ 700 | 700 | 5,6 | 59,5 | 3 |
| ДРИ 1000 | 1000 | 9,5 | 90 | 1 |
| ДРИ 1000 | 1000 | 9,5 | 80 | 1 |
| ДРИ 2000* | 2000 | 10,8 | 190 | 1 |
| ДРИ 3500* | 3500 | 18,8 | 300 | 1 |
| ДНаТ 250 | 250 | 2,5 | 25 | 10 |
| ДНаТ 400 | 400 | 3,5 | 40 | 10 |

Примечание. Лампы ДРИ 2000 ДРИ 3500 включаются на напряжение 380 В, остальные – на 220 В.

2. Определяем высоту подвеса светильников h , расстояние между рядами светильников a , принять расстояние между светильниками в ряду ℓ .

Высота установки светильников h на территории промышленных предприятий выбирается по условиям слепящего действия (таблица 2.3).

Правилами безопасности устанавливается расстояние между светильниками $\ell = 3 \dots 5$ м.

Высота установки светильников h на территории промышленных предприятий выбирается по условиям слепящего действия

| Суммарный световой поток ламп, лм | Наименьшая высота установки светильников, м, с лампами | | |
|-----------------------------------|--|------------|---------------------|
| | накаливания натриевыми | ДРЛ ДРИ | люминесцентным и |
| 5000 | 6 | 6 | 6 |
| 5000 – 10000 | 6 | 6 | 6,5 |
| 10000 - 20000 | 6,5 | 7 | 7,5 |
| 20000 - 30000 | 7,5 | 8,5 | 9 |
| 30000 - 40000 | 9 | 10 | 10,5 |
| 40000 | 10,5 | 11 | 12 |

3. Определяем световой поток $F_{\text{л}}$ для выбранного светильника и лампы по таблицам приведенным выше.

4. Определяем углы наклона лучей от светильников к точкам наибольшей β_1 и наименьшей β_2 освещенности по формулам

$$\operatorname{tg} \beta_1 = \frac{a}{h}; \quad \operatorname{tg} \beta_2 = \frac{\sqrt{\left(\frac{a}{2}\right)^2 + \left(\frac{\ell}{2}\right)^2}}{h},$$

где a – расстояние между рядами светильников, м;
 ℓ – расстояние между светильниками в ряду, м;
 h – высота подвеса светильника, м;
 β_1, β_2 – углы наклона луча, см. рисунок 2.4.

Для определения градусной меры углов β_1, β_2 можно использовать таблицу

| α | $\operatorname{Sin}\alpha$ | $\operatorname{Cos}\alpha$ | $\operatorname{tg}\alpha$ | $\operatorname{Cos}3\alpha$ | α | $\operatorname{Sin}\alpha$ | $\operatorname{Cos}\alpha$ | $\operatorname{tg}\alpha$ | $\operatorname{Cos}3\alpha$ |
|----------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------|----------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 46 | 0,719 | 0,695 | 1,035 | 0,336 |
| 1 | 0,017 | 1 | 0,017 | 1 | 47 | 0,731 | 0,682 | 1,072 | 0,317 |
| 2 | 0,035 | 0,999 | 0,035 | 0,997 | 48 | 0,743 | 0,669 | 1,111 | 0,299 |
| 3 | 0,052 | 0,999 | 0,052 | 0,997 | 49 | 0,755 | 0,656 | 1,151 | 0,282 |
| 4 | 0,07 | 0,998 | 0,07 | 0,994 | 50 | 0,766 | 0,643 | 1,191 | 0,266 |
| 5 | 0,087 | 0,996 | 0,087 | 0,988 | 51 | 0,777 | 0,629 | 1,235 | 0,249 |
| 6 | 0,105 | 0,995 | 0,106 | 0,985 | 52 | 0,788 | 0,616 | 1,279 | 0,234 |
| 7 | 0,122 | 0,993 | 0,123 | 0,979 | 53 | 0,799 | 0,602 | 1,327 | 0,218 |
| 8 | 0,139 | 0,99 | 0,14 | 0,97 | 54 | 0,809 | 0,588 | 1,376 | 0,203 |
| 9 | 0,156 | 0,988 | 0,158 | 0,964 | 55 | 0,819 | 0,574 | 1,427 | 0,189 |
| 10 | 0,174 | 0,985 | 0,177 | 0,956 | 56 | 0,829 | 0,559 | 1,483 | 0,175 |
| 11 | 0,191 | 0,982 | 0,195 | 0,947 | 57 | 0,839 | 0,545 | 1,539 | 0,162 |
| 12 | 0,208 | 0,978 | 0,213 | 0,935 | 58 | 0,848 | 0,53 | 1,6 | 0,149 |
| 13 | 0,225 | 0,974 | 0,231 | 0,924 | 59 | 0,857 | 0,515 | 1,664 | 0,137 |
| 14 | 0,242 | 0,97 | 0,249 | 0,913 | 60 | 0,866 | 0,5 | 1,732 | 0,125 |
| 15 | 0,259 | 0,966 | 0,268 | 0,901 | 61 | 0,875 | 0,485 | 1,804 | 0,114 |
| 16 | 0,276 | 0,961 | 0,287 | 0,888 | 62 | 0,883 | 0,469 | 1,883 | 0,103 |
| 17 | 0,292 | 0,956 | 0,305 | 0,874 | 63 | 0,891 | 0,454 | 1,963 | 0,094 |
| 18 | 0,309 | 0,951 | 0,325 | 0,86 | 64 | 0,899 | 0,438 | 2,053 | 0,084 |
| 19 | 0,326 | 0,946 | 0,345 | 0,847 | 65 | 0,906 | 0,423 | 2,142 | 0,076 |
| 20 | 0,342 | 0,94 | 0,364 | 0,831 | 66 | 0,914 | 0,407 | 2,246 | 0,067 |
| 21 | 0,358 | 0,934 | 0,383 | 0,815 | 67 | 0,921 | 0,391 | 2,355 | 0,06 |
| 22 | 0,375 | 0,927 | 0,405 | 0,797 | 68 | 0,927 | 0,375 | 2,472 | 0,053 |
| 23 | 0,391 | 0,921 | 0,425 | 0,781 | 69 | 0,934 | 0,358 | 2,609 | 0,046 |
| 24 | 0,407 | 0,914 | 0,445 | 0,764 | 70 | 0,94 | 0,342 | 2,749 | 0,04 |
| 25 | 0,423 | 0,906 | 0,467 | 0,744 | 71 | 0,946 | 0,326 | 2,902 | 0,035 |
| 26 | 0,438 | 0,899 | 0,487 | 0,727 | 72 | 0,951 | 0,309 | 3,078 | 0,03 |
| 27 | 0,454 | 0,891 | 0,51 | 0,707 | 73 | 0,956 | 0,292 | 3,274 | 0,025 |
| 28 | 0,469 | 0,883 | 0,531 | 0,688 | 74 | 0,961 | 0,276 | 3,482 | 0,021 |
| 29 | 0,485 | 0,875 | 0,554 | 0,67 | 75 | 0,966 | 0,259 | 3,73 | 0,017 |
| 30 | 0,5 | 0,866 | 0,577 | 0,649 | 76 | 0,97 | 0,242 | 4,008 | 0,014 |
| 31 | 0,515 | 0,857 | 0,601 | 0,629 | 77 | 0,974 | 0,225 | 4,329 | 0,011 |
| 32 | 0,53 | 0,848 | 0,625 | 0,61 | 78 | 0,978 | 0,208 | 4,702 | 0,009 |
| 33 | 0,545 | 0,839 | 0,65 | 0,591 | 79 | 0,982 | 0,191 | 5,141 | 0,007 |
| 34 | 0,559 | 0,829 | 0,674 | 0,57 | 80 | 0,985 | 0,174 | 5,661 | 0,005 |
| 35 | 0,574 | 0,819 | 0,701 | 0,549 | 81 | 0,988 | 0,156 | 6,333 | 0,004 |
| 36 | 0,588 | 0,809 | 0,727 | 0,529 | 82 | 0,99 | 0,139 | 7,122 | 0,003 |
| 37 | 0,602 | 0,799 | 0,753 | 0,51 | 83 | 0,993 | 0,122 | 8,139 | 0,002 |
| 38 | 0,616 | 0,788 | 0,782 | 0,489 | 84 | 0,995 | 0,105 | 9,476 | 0,001 |
| 39 | 0,629 | 0,777 | 0,81 | 0,469 | 85 | 0,996 | 0,087 | 11,448 | 0,001 |
| 40 | 0,643 | 0,766 | 0,839 | 0,449 | 86 | 0,998 | 0,07 | 14,257 | 0 |
| 41 | 0,656 | 0,755 | 0,869 | 0,43 | 87 | 0,999 | 0,052 | 19,212 | 0 |
| 42 | 0,669 | 0,743 | 0,9 | 0,41 | 88 | 0,999 | 0,035 | 28,543 | 0 |
| 43 | 0,682 | 0,731 | 0,933 | 0,391 | 89 | 1 | 0,017 | 58,824 | 0 |
| 44 | 0,695 | 0,719 | 0,967 | 0,372 | 90 | 1 | 0 | - | 0 |
| 45 | 0,707 | 0,707 | 1 | 0,353 | | | | | |

5. По светотехнической характеристике выбранного светильника определяем условную силу света I_{β_1}, I_{β_2} , кд, по таблицам

| Угол, градус | Сила света, кд, светильников типа | | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|------------------|--------|-----|-------------------------|-------------|--------------|-------------|----------------|-------|
| | ИСП- -01 | ППД100 ППД200 | ИНД500 | УПД | НСП09, НСР01, ППР | СПО- 300 | СПО- 1000 | СПО2 300 | НСП02 НСП03 | НСП22 |
| 0 | 238 | 177 | 163 | 288 | 75 | 140 | 132 | 117 | 62 | 232 |
| 5 | 229 | 178 | 161 | 185 | 74 | 136 | 131 | 114 | 58 | 230 |
| 15 | 213 | 190 | 157 | 275 | 77 | 134 | 126 | 111 | 58 | 225 |
| 25 | 204 | 190 | 134 | 256 | 83 | 132 | 124 | 111 | 72 | 207 |
| 35 | 195 | 172 | 149 | 247 | 85 | 131 | 120 | 110 | 69 | 184 |
| 45 | 164 | 160 | 129 | 208 | 81 | 132 | 118 | 108 | 72 | 160 |
| 55 | 145 | 137 | 111 | 151 | 77 | 131 | 112 | 106 | 73 | 135 |
| 65 | 122 | 114 | 92 | 77 | 71 | 110 | 98 | 143 | 74 | 74 |
| 75 | 76 | 44 | 64 | 30 | 69 | 77 | 70 | 98 | 70 | 30 |
| 85 | 7 | 7 | 19 | 18 | 68 | 30 | 40 | 45 | 66 | 16 |
| 90 | 3 | 1,3 | 10 | – | 66 | 20 | 26 | 20 | 64 | – |
| 95 | – | 0,6 | 7 | – | 63 | – | – | – | 63 | – |
| 105 | – | – | 5 | – | 66 | – | – | – | 59 | – |
| 115 | – | – | 5 | – | 71 | – | – | – | 52 | – |
| 125 | – | – | 23 | – | 64 | – | – | – | 54 | – |
| 135 | – | – | 26 | – | 34 | – | – | – | 46 | – |
| 145 | – | – | 2 | – | 8 | – | – | – | 46 | – |
| 155 | – | – | 1 | – | 3 | – | – | – | 22 | – |
| 165 | – | – | – | – | 2,4 | – | – | – | 14 | – |
| 175 | – | – | – | – | – | – | – | – | 8 | – |
| 180 | – | – | – | – | – | – | – | – | 3 | – |

| Угол, радиус | Сила света, кд, светильников типа | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------|-------|-------|--------------|----------|--------|--------|
| | УПДДРЛ | РСР05 С35ДРЛ | РСР08 | РСР07 | СКЗР- 500 | СКЗР-250 | С34ДРЛ | СД2ДРЛ |
| 0 | 284 | 1050 | 470 | 147 | 80 | 80 | 630 | 290 |
| 5 | 280 | 980 | 465 | 147 | 80 | 65 | 625 | 290 |
| 15 | 275 | 830 | 465 | 140 | 100 | 70 | 570 | 285 |
| 25 | 258 | 530 | 430 | 152 | 140 | 80 | 475 | 265 |
| 35 | 228 | 215 | 330 | 188 | 160 | 90 | 320 | 235 |
| 45 | 181 | 80 | 195 | 201 | 200 | 110 | 150 | 185 |
| 55 | 106 | 38 | 80 | 162 | 225 | 120 | 45 | 118 |
| 65 | 56 | 8 | 15 | 85 | 290 | 165 | 8 | 60 |
| 75 | 26 | – | 5 | 5 | 200 | 130 | – | 28 |
| 85 | 6 | – | 5 | 5 | 40 | 90 | – | 5 |
| 90 | 2 | – | – | 5 | 15 | 15 | – | – |
| 95 | 4 | – | – | 5 | – | – | – | – |
| 105 | 4 | – | – | 20 | – | – | – | – |
| 115 | 4 | – | – | 30 | – | – | – | – |
| 125 | 5 | – | – | 38 | – | – | – | – |
| 135 | 5 | – | – | 42 | – | – | – | – |
| 145 | 5 | – | – | 34 | – | – | – | – |
| 155 | 4 | – | – | 18 | – | – | – | – |
| 165 | 4 | – | – | 7 | – | – | – | – |
| 175 | 3 | – | – | 2 | – | – | – | – |
| 180 | 3 | – | – | – | – | – | – | – |
| КПД, % | 72 | 80 | 80 | 80 | – | – | 80 | 72 |

6. Определяем горизонтальную освещенность в точках наибольшей и наименьшей освещенности

$$E_{\max} = \frac{F \cdot I_{\beta_1} \cdot \cos^3 \beta_1}{1000 \cdot h \cdot K_3};$$

$$E_{\min} = \frac{F \cdot I_{\beta_2} \cdot \cos^3 \beta_2}{1000 \cdot h \cdot K_3};$$

где E_{\max} , E_{\min} – сила света светильника, соответствующая углам β_1 , β_2 , кд;

I_{β_1} , I_{β_2} – условная сила света для светильника, кд, см. п.5;

h – высота подвеса светильника, м;

β_1 , β_2 – углы наклона луча.

K_3 – коэффициент запаса, определяемый по таблице

| Освещаемые объекты | Коэффициент запаса | |
|--|--------------------------|------------------------|
| | При газоразрядных лампах | При лампах накаливания |
| Производственные помещения при содержании пыли, дыма и др. в воздухе, мг/м^3 10 – темной | 2 | 1,7 |
| 10 - светлой | 1,8 | 1,5 |
| 5-10 – темной | 1,8 | 1,5 |
| 5-10 - светлой | 1,8 | 1,4 |
| Помещения с особым режимом по чистоте | 1,3 | 1,15 |
| Вспомогательные помещения с нормальной средой и помещения общественных и жилых зданий | 1,5 | 1,3 |
| Территория предприятий и городов | 1,5 | 1,3 |

7. Определяем суммарную освещенность в точке наименьшей освещенности (в точке В, см. рисунок 2.4.) $E_{\text{общ}}$, которая должна быть меньше допустимой минимальной освещенности помещения $E_{\text{п}}$, определяемой по таблице

| Наименование объектов, помещений | Освещенность, лк | | Плоскость, в которой формируется освещенность и ее высота от пола, м. |
|--|--------------------------|-------------------------------------|---|
| | при газоразрядных лампах | при лампах накаливания, прожекторах | |
| Нормы освещенности различных помещений фабрик | | | |
| Производственные фабрики | | 20 | |
| Распределительные пункты | | 25 | |
| Диспетчерские щиты, помещения главных щитов подстанции | | 50 | |
| Помещения щитов низкого напряжения, машинные помещения | | 25 | |
| Камеры трансформаторов и выключателей, коридоры управления | | 15 | |
| Машинные залы компрессоров, вакуумнасосов, вентиляторов | | 25 | |
| Механические и электромеханические мастерские | | 20 | |
| Канторские помещения | | 25 | |
| Душевые | | 25 | |
| Нормы освещенности коридоров, тепловых переходов, лестниц | | | |
| Главные коридоры | 75 | 30 | $\Gamma - 0,0$ |
| Второстепенные коридоры и тепловые переходы | 50 | 20 | $\Gamma - 0,0$ |
| Главные лестничные клетки | 75 | 30 | $\Gamma - 0,0$ |
| Второстепенные лестничные клетки | 50 | 20 | $\Gamma - 0,0$ |

| | | | |
|--|------------------|---------------|----------------|
| Проходы и открытые лестницы в помещениях производства: – с постоянным пребыванием людей; – с периодическим пребыванием людей | 50 50 | 30 30 | |
| Нормы освещенности галерей и тоннелей | | | |
| Галереи шинопроводов | | 10 | Г –0,0 |
| Галереи и тоннели транспортеров | | 10 | «←» |
| Галереи котельные | | 5 | «←» |
| Тоннели кабельные, теплофикационные, водопроводные | | 5 | «←» |
| Тоннели маслопроводов, пульповодов | | 5 | «←» |
| Нормы освещенности электропомещений | | | |
| Камеры трансформаторов и реакторов | | 30 | В-1,5 |
| Помещение РУ: – фасад камеры; – задняя сторона камеры | 100 75 | 30 | В-1,5 В-1,5 |
| Помещение КТП. Помещение щитов при периодическом пребывании людей в помещении (щиты станций управления, релейн. щиты и т.п.) – фасад щита или КТП; | 100 | – | В-1,5 |
| – задняя сторона щита или КТП | 75 | 30 | В-1,5 |
| Помещение щитов при постоянном пребывании людей в помещении, с наблюдением за щитом на расстоянии более 0,5 м (диспетчерские, операторские, помещение главного распредщита): – фасад щита; – задняя сторона щита; – пульт управления, стол диспетчера | 200 75 150 | – 30 | «←» Г-0,8 |
| Помещение щитов при постоянном пребывании людей в помещении, с наблюдением за щитом на расстоянии 0,5 м и менее (щиты в машинном зале и т.п.): – фасад щита; – задняя сторона щита | 150 75 | – 30 | В-1,5 В-1,5 |
| Электромашинный зал: – с естественным светом; – без естественного света | 150 200 | – – | Г-0,8 Г-0,8 |
| Кабельный подвал (этаж) | – | 10 | Г-0,0 |
| Помещение статистических конденсаторов | 100 | – | В- |
| Нормы освещенности помещений котельных | | | |
| Помещение котлов: – площадки обслуживания котлов; – лестницы котлов и экономайзеров, проход за котлами | 75 – | 30 10 | Г-0,8 Г-0,0 |
| Дополнительное местное освещение измерительных приборов на котлах, деаэраторах, бойлерах и т.п. (манометры, приборы на щитах КИПиА и др.) | 400 | 400 | В- на приборах |
| Конденсационная, химводоочистка, деаэрационная, бойлерная | 75 | 30 | Г-0,0 |
| Топливоподача мазутонасосная | 75 | 30 | Г-0,8 |
| Нормы освещенности лабораторий | | | |
| Химические, радиоизмерительные, механические и другие лаборатории | 300 | – | Г-0,8 |
| Препараторские, весовые, микроскопные, термостатные, фотометрические | 300 | – | Г-0,8 |
| Нормы освещенности ремонтно-механических, ремонтно-монтажных цехов | | | |
| Слесарно-механическое отделение: – общее освещение; – местное освещение; – на станках и верстаках | 300 2500 – | – 200 – | «←» |
| Заготовительное отделение | 150 | – | «←» |

| | | | |
|---|-------------------------------|---------------------------|-------|
| Кузнечное и термическое отделение | 200 | – | «–» |
| Сварочное и сварочно-наплавное отделение | 200 | – | «–» |
| Гальваническое отделение: –помещение ванн; – помещение шлифовальных и полировальных станков; –общее освещение; – на станках местное; – помещение приготовления растворов | 200 – 300 2000 75 | – – – 2000 30 | «–» |
| Медницкое отделение | 200 | – | «–» |
| Трубопроводное и жестяницкое отделение | 200 | – | «–» |
| Нормы освещенности электроремонтных цехов | | | |
| Разборочно-промывочное отделение | 200 | – | «–» |
| Механическое отделение: – общее освещение; – местное освещение на станках и верстаках | 300 2500 | 150 2000 | |
| Отделение обмотки якорей и статоров, и слесарно-сборочное отделение | 300 | – | Г-0,8 |
| Дополнительное местное освещение на станках и верстаках | 200 | 1500 | |
| Отделение аппаратов (ремонт аппаратов и приборов) и намотки катушек: – общее освещение; – местное освещение на станках и верстаках | 300 300 | – 2500 | Г-0,8 |

$$E_{\text{общ}} = 2 E_{\text{min}} \geq E_{\text{п}}$$

где $E_{\text{общ}}$ – суммарная освещенность в точке наименьшей освещенности, кд;
 E_{min} – минимальная горизонтальная освещенность в точке наименьшей освещенности, кд;

$E_{\text{п}}$ – минимальная освещенность помещения принятая в соответствии с нормами освещенности, кд;

8. Определяем общее количество светильников.

Количество светильников в ряду определяем по формуле

$$n = \frac{L - \ell}{\ell}$$

где n – количество светильников в ряду, шт;

L – длина освещаемого объекта, м;

ℓ – расстояние между светильниками в ряду, м;

Расчет освещенности методом коэффициента использования светового потока

1. Определяем площадь освещаемого помещения по формуле

$$S = a \cdot b$$

где S – площадь освещаемого помещения, м²;

a, b – длина, ширина помещения, м.

2. Выбрать тип светильника в соответствии с освещаемым объектом

3. Равномерно разместить светильники по площади помещения. При размещении светильников необходимо придерживаться следующих принципов:

- расстояние между светильниками в ряду должно быть 4-6 м;
- межрядное расстояние между светильниками должно быть 6-8 м;
- минимальное расстояние от стены до светильника – 2 м;

- на чертеже должны быть указаны расстояния между светильниками и расстояние крайних светильников от стен помещения;

- допускается на чертеже не изображать все светильники в ряду, а только первые и последние два из них, соединенные штриховой линией взаимосвязи с указанием над ней общего числа светильников.

4. Исходя из чертежа расположения светильников определить их количество n , шт;

5. Определяем показатель помещения по формуле

$$i = \frac{a \cdot b}{h \cdot (a + b)},$$

где i – показатель помещения;

a, b – длина, ширина помещения, м.

h - высота подвеса светильников, выбирается по условиям слепящего действия.

6. Определяем коэффициенты отражения стен P_c , %, потолка $P_{п}$, %, рабочей поверхности P_p , %, по таблице

| | | | | |
|---|--------------------------|----|----|---|
| Характер отражающей поверхности | Коэффициент отражения, % | | | |
| Побеленный потолок, побеленные стены с окнами, закрытыми белыми шторами | 70 | | | |
| Побеленные стены при незавешенных окнах, побеленный потолок в сырых помещениях, чистый бетонный и светлый деревянный потолок | 50 | | | |
| Бетонный потолок в грязных помещениях, деревянный потолок, бетонные стены с окнами, стены, оклеенные светлыми обоями | 30 | | | |
| Стены и потолки в помещениях с большим количеством темной пыли, сплошное остекление без штор, красный кирпич не оштукатуренный, стены с темными обоями. | 10 | | | |
| Рекомендуемые значения коэффициентов отражения % $P_{п}$ | 70 | 50 | 30 | 0 |
| P_c | 50 | 30 | 10 | 0 |
| P_p | 30 | 10 | 10 | 0 |

7. Определяем для принятого светильника значение коэффициента использования светового потока $K_{ис}$, %

8. Определяем минимальную допустимую освещенность $E_{п}$.

9. Определяем коэффициент запаса $K_з$.

10. Определяем световой поток от светильников по формуле

$$F = \frac{1,15 \cdot E_{п} \cdot S \cdot K_з}{n \cdot K_{ис}}$$

где F - световой поток от светильников, лм;

$E_{п}$ - минимальная допустимая освещенность помещения, лк;

S - площадь освещаемого помещения, м²;

$K_з$ - коэффициент запаса;

n - количество светильников, шт;

$K_{ис}$ - коэффициент использования светового потока, выраженный не в процентах, а в долях единицы.

11. Определяем лампу со световым потоком $F_{л}$, лм. Поток лампы не должен отличаться от расчетного значения потока F более чем на - 10...+20%. Если невозможно подобрать лампу, поток которой отличался

от расчетного в указанных пределах, необходимо изменить количество ламп и произвести перерасчет.

12. Определяем фактическую освещенность помещения от принятых ламп по формуле

$$E_{\phi} = \frac{F_{л} \cdot n \cdot K_{ис}}{1,15 \cdot S \cdot K_{з}}$$

где $F_{л}$ – световой поток выбранной лампы, лм;
 n – количество светильников, шт;
 $K_{ис}$ - коэффициент использования светового потока, выраженный не в процентах, а в долях единицы;
 S - площадь освещаемого помещения, м²;
 $K_{з}$ - коэффициент запаса.

13. Полученное значение E_{ϕ} должно быть больше чем минимальная допустимая освещенность помещения $E_{п.лк}$

Расчет мощности, необходимой для питания осветительной сети

1. Определяем значения коэффициента мощности светильника $\cos\varphi_{св}$, коэффициент полезного действия светильника $\eta_{св}$ по таблице

| Параметр | Лампы накаливания | Лампы ДРЛ | Лампы люминесцентные | Лампы ДКсТ |
|--------------------|-------------------|-------------|----------------------|------------|
| $\cos\varphi_{св}$ | 1,0 | 0,57 | 0,9...0,95 | 0,95 |
| $\eta_{св}$ | 1,0 | 0,82...0,87 | 0,83 | 0,8...0,98 |

2. Определяем активную мощность, необходимую для питания осветительной сети по формуле

$$P_{oc} = \frac{n \cdot P_{л} \cdot 10^{-3}}{0,95 \cdot \cos\varphi_{св} \cdot \eta_{св}},$$

где P_{oc} - мощность, необходимая для питания осветительной сети, кВт·А;
 n – количество светильников, шт;
 $P_{л}$ – мощность выбранного светильника, кВт;
 $\cos\varphi_{св}$ - коэффициента мощности светильников;
 $\eta_{св}$ - коэффициент полезного действия светильников.

2. Определяем реактивную мощность, необходимую для питания осветительной сети по формуле

$$Q_{oc} = P_{o} \cdot \operatorname{tg} \varphi$$

3. Определяем полную мощность, необходимую для питания осветительной сети по формуле

$$S_o = \sqrt{P_o^2 + Q_o^2}, \text{ кВА}$$

4. Определяем ток осветительной сети по формуле

$$I_o = \frac{S_o}{\sqrt{3} \cdot U}, \text{ А}$$

Определение расчетных нагрузок объекта

Итог расчета нагрузки объекта получают суммированием максимальной силовой нагрузки, нагрузки осветительной сети и потерь в трансформаторах, и заносятся в строку «Всего на ВН» в колонки 15-18.

$$\begin{aligned} I_{\text{нн}} &= \sum I_{\text{рп}} + I_0, \text{А}; \\ P_{\text{нн}} &= \sum P_{\text{max}} + P_0, \text{кВт}; \\ Q_{\text{нн}} &= \sum Q_{\text{max}} + Q_0, \text{кВАр}; \\ S_{\text{нн}} &= \sum S_{\text{max}} + S_0, \text{кВА}. \end{aligned}$$

Выбор защитной аппаратуры

В качестве низковольтной аппаратуры используют: плавкие предохранители, автоматические выключатели с расцепителями, реле, магнитные пускатели, контакторы и др..

В сетях и установках напряжением до 1кВ возможны ненормальные режимы, связанные с увеличением силы тока. К увеличению силы тока приводят перегрузки, пуск и самозапуск электродвигателей, короткое замыкание.

Защитные аппараты устанавливаются в начале каждой ветви сети, т.е. на каждой линии, отходящей от шин подстанции, силовых пунктах, на каждом ответвлении от линий, на трансформаторных вводах.

Согласно ПУЭ, сети разделяют на защищаемые от перегрузки и токов короткого замыкания и защищаемые от токов короткого замыкания.

Защите от перегрузки подлежат сети:

внутри помещений, проложенные открыто незащищенными изолированными проводниками и с горючей оболочкой;

внутри помещений, выполненные защищенными проводниками в трубах, в несгораемых строительных конструкциях и т.п.;

осветительные сети общественных и торговых помещений, служебно-бытовых помещений промышленных предприятий, включая сети для бытовых и переносных электроприемников, а также в пожароопасных производственных помещениях;

силовые - в промышленных предприятиях, в жилых и общественных зданиях, в торговых помещениях, когда по условиям технологического процесса или режиму работы сети может возникать длительная перегрузка проводов и кабелей;

сети всех видов во взрывоопасных наружных установках независимо от условия технологического процесса или режима работы сети.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузки и защищаются от токов короткого замыкания.

В качестве аппаратов управления и сигнализации используют реле различного типа, а коммутирующих аппаратов – выключатели, разъединители, контакторы, магнитные пускатели.

Выбор предохранителей

Предохранители применяют в основном для защиты от токов короткого замыкания.

К наиболее распространенным предохранителям, применяемым для защиты электроустановок напряжением до 1000 В, относятся ПР-2 – предохранитель разборный, НПН – насыпной предохранитель неразборный, ПН-2 – предохранитель насыпной разборный.

По конструктивному выполнению предохранители можно разделить на две группы: 1) с наполнителем (например, ПН-2, НПН, ПП-17, ПП-18), наполненные мелкозернистым кварцевым песком; 2) без наполнителя (например, ПР-2).

В предохранителях без наполнителя с закрытыми разборными патронами из фибры дуга гасится газами, образующимися при разложении фибры во время горения дуги. Электрическая дуга при перегорании плавкой вставки предохранителей с наполнителем из кварцевого песка разветвляется между его зернами и охлаждается вследствие интенсивной отдачи теплоты наполнителю, что значительно сокращает время ее горения.

Предохранители выбираются по условиям:

а) номинальный ток предохранителя, $I_{пр}$, А, должен быть не меньше силы тока защищаемой цепи в рабочем режиме $I_{ном}$, т.е.

$$I_{пр} \geq I_{ном}$$

б) плавкая вставка не должна перегорать во время пуска самого крупного электродвигателя, подключенного к данной цепи, уменьшенного в $K_{п}$ раз:

$$I_{в} \geq \frac{I_{мгн}^{II}}{K_{п}}$$

$I_{ном}$ - номинальный ток электроприемника, А, определяемый по формуле

$$I_{ном} = \frac{P_{ном}}{\sqrt{3}U_{л} \cos \varphi}$$

А для двигателей работающих в повторно - кратковременном режиме

$$I_{ном} = \frac{P_{ном} \cdot \sqrt{\frac{ПВ}{100}}}{\sqrt{3}U_{л} \cos \varphi}$$

для одного электроприемника сила мгновенного максимального тока равна пусковому току электроприемника $I_{пуск}$, А;

$$I_{мгн}^{II} = (5 \dots 7) \cdot I_{ном} = I_{пуск}$$

Для группы электроприемников

$$I_{мгн}^{II} = I_{пуск} + I_{рп} - K_{и} \cdot I_{ном}$$

$I_{пуск}$ – пусковой ток самого мощного электроприемника,

$I_{рп}$ – максимальный расчетный ток линии группы электроприемников,

$K_{и}$, $I_{ном}$ – коэффициент использования и номинальный ток самого мощного электроприемника.

$K_{п}$ – коэффициент кратковременной перегрузки плавкой вставки,

$K_{п} = 2,5$ для двигателей, пускаемых без нагрузки (легкий режим пуска), $K_{п} = 2$ для двигателей, пускаемых при наличии нагрузки на валу,

$K_{\text{п}} = 1,6$ – для сварочных постов.

Технические данные предохранителей

| Тип предохранителя | Сила номинального тока патронов $I_{\text{п}}$, А | Сила номинального тока плавкой вставки $I_{\text{в}}$, А | Характеристика предохранителя |
|--------------------|--|---|---|
| ПР-2 | 15 60 100 350 600 1000 | 6,10,15 15,20,25,35,45,60 60,80,100 200,225,260,300,350 350,430,500,600 600,700,850,1000 | Трубчатый, с закрытым разборным патроном, без наполнителя, токоограничивающий |
| НПН-2 | 15 60 | 6,10,15 15,20,25,35,45,60 | Трубчатый, с закрытым неразборным патроном, с наполнителем, безынерционный |
| ПН-2 | 100 400 600 1000 | 30,40,50,60,80,100 200,250,300,350,400 300,400,500,600 500,600,750,800,1000 | Трубчатый, с разборным патроном, с наполнителем, безынерционный |
| ПНБ-3 | 100 300 500 | 63,100 250,300 400,500 | Трубчатый, с закрытым патроном, с наполнителем, быстродействующий |
| ПНБ-5 | 100 250 400 600 | 40,63,100 160,250 300,400 500,600 | То же |

Выбор автоматических выключателей

Автоматические выключатели обеспечивают одновременно функции коммутации силовых цепей и защиты от перегрузки и коротких замыканий. Аппараты имеют тепловой и электромагнитный расцепитель.

Применяют следующие автоматические выключатели:

а) установочные – для защиты двигателей электроприемников и цепей электроустановок различного назначения, автоматы серии АЕ, ВА;

б) подстанционные – для защиты отходящих линий комплектных трансформаторных подстанций (КТП), серии АВМ, «Электрон».

Автоматические выключатели выбираются по условиям:

а) номинальный ток автомата $I_{\text{н.а}}$ и номинальный ток расцепителя $I_{\text{н.р}}$ должны быть больше тока защищаемой цепи в рабочем режиме $I_{\text{ном}}$, т.е.

$$I_{\text{н.а}} \geq I_{\text{ном}}; I_{\text{н.р}} \geq I_{\text{ном}}$$

б) уставка силы тока мгновенного срабатывания (отсечки) электромагнитного расцепителя $I_{\text{ср}}$ принимается по мгновенному максимальному току линии $I_{\text{мгн}}$:

$$I_{\text{ср}} \geq I_{\text{мгн}},$$

где $I_{\text{ном}}$ - номинальный ток электроприемника, А, определяемый по формуле Уставка силы тока мгновенного срабатывания $I_{\text{ср}}$ либо указана в справочных данных, либо определяется по формуле

$$I_{\text{ср}} = K_{\text{уэ}} \cdot I_{\text{н.р}}$$

где $K_{\text{уэ}}$ – коэффициент уставки электромагнитного расцепителя автомата, определяемый из справочных данных,

$I_{\text{н.р}}$ - номинальный ток расцепителя, А.

Мгновенный максимальный ток линии $I_{\text{мгн}}$ определяется по формулам:
для одного электроприемника

$$I_{\text{МГН}} = 1,1 \cdot I_{\text{пуск}};$$

для группы электроприемников, присоединенных к РП

$$I_{\text{МГН}} = 1,25 \cdot (I_{\text{пуск}} + I_{\text{рп}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном}}),$$

для защиты объекта (на стороне НН трансформатора или КТП)

$$I_{\text{МГН}} = 1,25 \cdot (I_{\text{пуск}} + I_{\text{об}} - K_{\text{и}} \cdot I_{\text{ном}}),$$

где $I_{\text{пуск}}$ – пусковой ток самого мощного электроприемника,

$I_{\text{рп}}$ – максимальный расчетный ток линии группы электроприемников,

$I_{\text{об}}$ – максимальный расчетный ток линии объекта,

$K_{\text{и}}$, $I_{\text{ном}}$ – коэффициент использования и номинальный ток самого мощного электроприемника.

Параметры выключателей представлены в таблице

| Тип | Номинальный ток, А | | Кратность уставки | | $I_{\text{откз}}$, кА |
|----------------------|--------------------|---|---------------------|----------------------|------------------------|
| | $I_{\text{н.а}}$ | $I_{\text{н.р}}$ | $K_{\text{у}}$ (тр) | $K_{\text{у}}$ (эпр) | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| ВА 51-25 | 25 | 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,8; 1,0; 1,25; 1,6 | 1,2 | 14 | 3 |
| | | 2,0; 2,5; 3,15; 4; 5 | | | 1,5 |
| ВА51 25 | | 6,3;8 | 1,35 | 7, 10 | 2 |
| | | 10; 12,5 | | | 2,5 |
| | | 16; 20; 25 | | | 3,0 |
| ВА 51-31 1 ВА51Г | 100 | 6,3,8, 10, 12 | | 3,7,10 | 2 |
| | | 10 | | | 2,5 |
| | | 20; 25 | | | 3,5 |
| | | 31,5; 40; 50; 63 | | | 5 |
| | | 80;100 | | | 0 |
| ВА 51-31 ВА51Г-31 | | 6,3; 8 | | | 2 |
| | | 10; 12,5 | | | 2,5 |
| | | 31,5, 40; 50; 63 | | | 3,8 |
| | | 80;100 | | | 6 |
| ВА 51-33 ВА51Г-33 | 160 | 80; 100,125,160 | | 10 | 12,5 |
| | | | | | |
| ВА 51-35 | 250 | 80, 100,125,160 200,250 | | 12 | 15 |
| ВА 51-37 | 400 | 250, 320, 400 | | 10 | 25 |
| ВА 51-39 | 630 | 400, 500, 630 | | | 35 |
| ВА 52-31 ВА52Г-31 | 100 | 16,20,25 | 1,35 | 3,7,10 | 12 |
| | | 31,5,40 | | | 15 |
| | | 50,63 | | | 18 |
| | | 80, 100 | 1,25 | | 25 |
| ВА 52 33 ВА52Г 33 | 160 | 80,100 | | 10 | 28 |
| | | 125,160 | | | 35 |
| ВА 52-35 | 250 | 80, 100, 125,160,200,250 | | 12 | 30 |
| ВА 52-37 | 400 | 250, 320, 400 | | 10 | |
| ВА52 39 | 630 | 250, 320, 400, 500, 630 | | | 40 |

При проектировании сетей напряжением до 1000В рекомендуется широко применять плавкие предохранители как более дешевое оборудование по сравнению с автоматами и обладающее свойством ограничения силы тока

короткого замыкания благодаря перегоранию вставки до того, как сила тока достигнет амплитудного значения. Автоматы этим свойством не обладают.

Выбор устройства защитного отключения (УЗО)

В качестве устройства защитного отключения используем электромеханическое устройство АСТРО УЗО отвечающее требованиям ГОСТ Р 51 326.1-99 Номинальные токи УЗО $I_n = 6; 16; 25; 40; 63; 80; 100; 125; 200A$.

Согласно ГОСТ Р 50 571.17-2000 п. 482.2.10 промышленных предприятий Ток утечки не должен превышать 0,5А.

Условия выбора У.З.О.:

1. Номинальный ток У.З.О. должен быть больше номинального тока электроприёмника

$$I_{н.у.з.о.} \geq I_n$$

2. По номинальной включающей отключающей способности (коммутационной способности)

$$K_y \cdot I_{нр} \leq 10 I_{н.у.з.о.}$$

- значение тока, которое У.З.О. способно пропускать в течении времени и отключать при заданных условиях эксплуатации без нарушения работоспособности.

Выбор элементов распределительной сети

К элементам распределительной сети относим сеть из кабельных линий и проводов, а также распределительные пункты (шкафы распределительные – ШР).

Для выполнения сети предприятий и цехов используют шинопроводы, кабельные линии и электропроводки напряжением до 1 кВ.

Шинопроводы разделяют на магистральные (ШМА), распределительные (ШРА) и осветительные (ШОС).

Кабельные линии чаще всего применяют для выполнения сети внутри предприятий и цехов от трансформаторного пункта до распределительного узла электроснабжения. При прокладке кабелей внутри зданий их располагают открыто по стенам, колоннам, в блоках, трубах, каналах, лотках и коробах. Наиболее широко используют небронированные кабели.

Электропроводки применяют для электроснабжения изолированными проводами, а также небронированными кабелями малых площадей сечений (до 16 мм²) с резиновой и пластмассовой изоляцией. Открытая электропроводка предпочтительней для электромонтажных работ, но в некоторых случаях недопустима (высокая запыленность, воздействие агрессивной среды и излучений и т.д.). Трубная прокладка проводов и кабелей защищает от механических повреждений и воздействий, а также позволяет выполнить проводку по кратчайшим расстояниям.

Сети передвижных электроприемников состоят из троллейных и кабельных (из гибких шлангов) линий. Троллеи выполняют из круглой, полосовой и уголкового стали. В цехах с несколькими кранами применяют троллейные токопроводы ШТМ.

Выбор проводов и кабелей

Провода используются для выполнения сети от электроприемника до распределительного щита.

Марки проводов с медными и алюминиевыми жилами и области их применения приведены в таблице

Сечение проводов линий электропередачи должно быть таким, чтобы провода не перегревались при любой нагрузке в нормальном режиме, чтобы потеря напряжения в линии не превышала установленные пределы ($\delta U = \pm 5\%$) и чтобы плотность тока в проводах соответствовала экономической.

| Область применения | С бумажной пропитанной изоляцией в металлической оболочке | | С пластмассовой и резиновой изоляцией и оболочкой | |
|--|--|---|--|---|
| | при отсутствии опасности механических повреждений эксплуатации | при наличии опасности механических повреждений эксплуатации | при отсутствии опасности механических повреждений эксплуатации | при наличии опасности механических повреждений эксплуатации |
| Прокладка в помещениях (туннелях), в каналах, кабельных полуэтажах, шахтах, коллекторах, производственных помещениях и др. а) сухих | ААГ, ААШв | ААБлГ | АВВГ, АВРГ | АВВБГ, АВРБГ |
| б) сырых, частично затапливаемых, при наличии среды со слабой коррозионной активностью | ААШв | ААБлГ | АНРГ, АПвВГ1, АПВГ1, АПвсВГ, АПсВГ | АПАШв, АВАШв, АПВБ6Шв1, АПвсБ6Шв, АПсВБГ, АПВБГ1, АНРБГ |
| в) сырых, частично затапливаемых, при наличии среды со средней и высокой коррозионной стойкостью | ААШв, АСШв | ААБлГ, ААБ2лШв, ААБлГ, АСБлГ, АСБ2лГ, АСБ2лШв4 | | |
| Прокладка в пожароопасных помещениях | ААГ, ААШв | ААБвГ, ААБлГ, АСБлГ | АВВГ, АВРГ, АПсВГ, АНРГ, АСРГ, АПвсВГ | АВВБГ, АВВБ6Г, АВБ6Шв, АПсБ6Шв, |
| Прокладка во взрывоопасных зонах классов: а) В-1, В-1а | СБГ, СБШв, ААШв | - | ВВГ2, ВРГ2, НРГ2, СРГ2 | ВБВ, ВБ6Шв, ВВБ6Г, НРБГ, СРБГ |
| б) В-1 г, В-И | ААБлГ, АСБГ, ААШв | | АВВГ, АВРГ, АНРГ | АВБВ, АВБ6в, АВВБ6, АВВБГ, АНРБГ, АСРБГ, АВРБГ |
| в) В-1б, В-Па | ААГ, АСГ, АСШв, ААШв | ААБлГ, АСБ, | АВВГ, АВРГ, АНРГ, АСРГ | |
| Прокладка на эстакадах;: а) технологических | АШв | ААБлГ ААБвГ, ААБ2лШв, АСБлГ | | АВВБГ, АВВБ6ГГ, АВРБГ, |

| | | | | |
|-----------------------------|------------------------|---------|--|--|
| | | | | АНРБГ, АПсВБГ, АПвсВГ, АВАШв |
| б) специальных кабельных | ААШв, ААБлГ | | ААВГ, АВРГ, АНРГ, АПсВГ, АПвсВГ, АПВГ, АПсВБГ, АВ, АПАШв | АВВБГ, АВВББГ, АВРБГ, АНРБГ, АВАШв |
| в) на мостах | ААБвГ, АСБлГ, ААШв5 | ААБлГ | | АПсВБГ, АПВБГ |
| Прокладка блоках | в | СГ, АСГ | | АВВГ, АПсВГ, АПвсВГ, АПВГ |

Сечение проводника определяется из следующих условий.

1) Ток, протекающий по проводнику, зависящий от мощности электроприемника, $I_{ном}$, А, должен быть меньше чем допустимый ток для провода, $I_{доп}$, А, определяемый по условиям ПУЭ

$$I_{доп} \geq k \cdot I_{ном},$$

где $I_{доп}$ – допустимый ток для проводника определяемый по таблицам;

k - поправочный коэффициент, вводимый в формулу, если температура воздуха отличается от 25°C, а земли – от 15°C

$I_{ном}$ - номинальный ток электроприемника, А, определяемый по формуле;

$$\delta U = \pm 5\%$$

где δU – колебания напряжения, %, определяемые по формуле

$$\delta U = \sqrt{3} I_{ном} L (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) \cdot 100\% / U_n$$

где $I_{ном}$ - номинальный ток электроприемника, А,

$\cos \varphi$; $\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$ – параметры линии.

Поправочный коэффициент k на температуру земли и воздуха для нагрузок кабелей, голых и изолированных проводов

| Исходная температура, °C | | Фактическая температура, °C | | | | | | | | | | | |
|--------------------------|------|-----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| среды | жилы | -5 | 0 | +5 | +10 | +15 | +20 | +25 | +30 | +35 | +40 | +45 | +50 |
| 15 | 80 | 1,14 | 1,11 | 1,08 | 1,04 | 1,00 | 0,96 | 0,92 | 0,88 | 0,83 | 0,78 | 0,73 | 0,68 |
| 25 | 80 | 1,24 | 1,20 | 1,17 | 1,13 | 1,09 | 1,04 | 1,00 | 0,95 | 0,90 | 0,85 | 0,80 | 0,74 |
| 25 | 70 | 1,29 | 1,24 | 1,20 | 1,15 | 1,11 | 1,05 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,81 | 0,74 | 0,67 |
| 15 | 65 | 1,18 | 1,14 | 1,10 | 1,05 | 1,00 | 0,95 | 0,89 | 0,84 | 0,77 | 0,71 | 0,63 | 0,55 |
| 25 | 65 | 1,32 | 1,27 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,87 | 0,79 | 0,71 | 0,61 |
| 15 | 60 | 1,2 | 1,15 | 1,12 | 1,06 | 1,00 | 0,94 | 0,88 | 0,82 | 0,75 | 0,67 | 0,57 | 0,47 |
| 25 | 60 | 1,36 | 1,31 | 1,25 | 1,20 | 1,13 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,85 | 0,76 | 0,66 | 0,54 |
| 15 | 55 | 1,22 | 1,17 | 1,12 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,86 | 0,79 | 0,71 | 0,61 | 0,50 | 0,36 |
| 25 | 55 | 1,41 | 1,65 | 1,29 | 1,23 | 1,15 | 1,08 | 1,00 | 0,91 | 0,82 | 0,71 | 0,58 | 0,41 |
| 15 | 50 | 1,25 | 1,20 | 1,14 | 1,07 | 1,00 | 0,93 | 0,84 | 0,76 | 0,66 | 0,54 | 0,37 | - |
| 25 | 50 | 1,48 | 1,41 | 1,34 | 1,26 | 1,18 | 1,09 | 1,00 | 0,89 | 0,78 | 0,63 | 0,45 | - |

Значения удельных сопротивлений кабелей, проводов

| Сечение жилы, мм ² | r_0 , мОм/м при 20 °C | | x_0 , мОм/м при 20 °C | |
|-------------------------------|-------------------------|-------------|-------------------------------------|---|
| | алюминиевая жила | медная жила | кабель с бумажной поясной изоляцией | три провода в трубе или кабель любой изоляцией (кроме бумажной) |
| 1 | - | 18,5 | - | 0,133 |
| 1,5 | - | 12,3 | - | 0,126 |
| 2, | 12,5 | 7,4 | 0,104 | 0,116 |
| 4 | 7,81 | 4,63 | 0,095 | 0,107 |
| 6 | 5,21 | 3,09 | 0,09 | 0,1 |
| 10 | 3,12 | 1,84 | 0,073 | 0,099 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|--------|-------|
| 16 | 1,95 | 1,16 | 0,0673 | 0,095 |
| 25 | 1,25 | 0,74 | 0,0675 | 0,091 |
| 35 | 0,894 | 0,53 | 0,0662 | 0,088 |
| 50 | 0,625 | 0,37 | 0,0625 | 0,085 |
| 70 | 0,447 | 0,265 | 0,0612 | 0,082 |
| 95 | 0,329 | 0,195 | 0,0602 | 0,081 |
| 120 | 0,261 | 0,154 | 0,0602 | 0,08 |
| 150 | 0,208 | 0,124 | 0,0596 | 0,079 |
| 185 | 0,169 | 0,1 | 0,0596 | 0,078 |
| 240 | 0,13 | 0,077 | 0,0587 | 0,077 |

Выбор шинопровода

Шинопровод представляет собой жесткий, составленный из комплектных секций токопровод напряжением до 1кВ. Длины секций унифицированы и кратны 770мм.

Магистральные шинопроводы (ШМА) собраны из прямоугольных алюминиевых шин, изолированных, расположенных вертикально и зажатых между специальными изоляторами внутри перфорированного контура. Число шин - 3,4,6(3 по 2 шины). Предназначены шинопроводы для цеховых четырехпроводных сетей с глухозаземленной нейтралью. Номинальный ток – от250 до 4000А.

Распределительные шинопроводы (ШРА и ШРМ) используются для передачи и распределения электроэнергии с возможностью непосредственного присоединения к ним электроприемников в системах с глухозаземленной нейтралью при напряжении 380/220В. Номинальные токи ШРА-250-630А; ШРМ-100-250А; ШМА 1250-3200А.

Шинопроводы выбирают по номинальному току

$$I_{ш} \geq I_{ном},$$

где $I_{ш}$ – номинальный ток шинопровода, А;

$I_{ном}$ - суммарный ток присоединяемых электроприемников (из таблицы – Расчет электрической нагрузки)

Таблица 2.9 – Технические данные шинопроводов

| Тип шинопровода | ШРМ75 | | ШРА 73 | ШРА74 | | ШМА73 | | ШМА68Н | | |
|-----------------|-------|-----|--------|-------|-----|-------|------|--------|------|------|
| | 100 | 250 | 250 | 400 | 630 | 1250 | 1600 | 2500 | 3200 | 4000 |

Выбор шкафа распределительного пункта

Распределительные шкафы выбираем согласно условиям:

1) номинальный ток распределительного шкафа $I_{н ш}$ должен быть больше или равен току, потребляемому электроприемником, присоединенными к нему $I_{м рп}$.

$$I_{н ш} \geq I_{м рп}$$

2) распределительный шкаф должен обеспечивать нужное количество присоединений для электроприемников.

Выбор числа и места расположения трансформаторов.

1. Трансформатор выбираем по активной расчётной нагрузке

$$S_T = \frac{P_M}{\beta \cdot N}$$

где P_M – максимальная активная мощность, кВт, (Сводная ведомость расчетных нагрузок);

β – коэффициент загрузки трансформатора, зависящий от категорийности ЭП цеха: $\beta=1$ для ЭП III категории, 0,9 – для II категории и 0,7 – для I категории; N – число трансформаторов; $N=1$ для II и III категории и $N=2$ для I категории.

2. Определяется тип и параметры трансформатора. Параметры трансформаторов представлены в таблице

| Марка | Мощность, кВА | Напряжение первичное, кВ | Напряжение вторичное, кВ | Напряжение короткого замыкания, % от номинального | Мощность потерь, кВт | | Ток холостого хода, % от номинального |
|------------|---------------|--------------------------|--------------------------|---|----------------------|---------------------|---------------------------------------|
| | | | | | холостого хода | короткого замыкания | |
| ТМ-25/10 | 25 | 10;6 | 0,4;0,69 | 4,5 | 0,135 | 0,6 | 3,2 |
| ТМ-40/10 | 40 | 10;6 | 0,4;0,69 | 4,5 | 0,19 | 0,88 | 3 |
| ТМ-63/10 | 63 | 10;6 | 0,4;0,69 | 4,5 | 0,265 | 1,28 | 2,8 |
| ТМ-100/10 | 100 | 10;6 | 0,4;0,69 | 4,5 | 0,365 | 1,97 | 2,6 |
| ТМ-160/10 | 160 | 10;6 | 0,4;0,69 | 4,5 | 0,565 | 2,65 | 2,4 |
| ТМ-250/10 | 250 | 10;6 | 0,4;0,69 | 4,5 | 0,82 | 3,7 | 2,3 |
| ТМ-400/10 | 400 | 10;6 | 0,4;0,69 | 4,5 | 1,05 | 5,5 | 2,1 |
| ТМ-630/10 | 630 | 10;6 | 0,4;0,69 | 5,5 | 1,56 | 7,6 | 2 |
| ТМ-1000/10 | 1000 | 10 | 0,4 | 5,5 | 2,45 | 12,2 | 1,4 |
| ТМ-1600/10 | 1600 | 10 | 0,4 | 5,5 | 3,3 | 18 | 1,3 |
| ТМ-2500/10 | 2500 | 10 | 0,4 | 5,5 | 4,6 | 25 | 1 |
| ТМ-4000/10 | 4000 | 10 | 0,4 | 5,5 | 6,4 | 33,5 | 0,9 |
| ТМ-6300/10 | 6300 | 10 | 0,4 | 6,5 | 9,0 | 46,5 | 0,8 |

3. Определяется реактивная мощность Q_T , которая вырабатывается трансформатором

$$Q_T = \sqrt{(1,1 \cdot S_T \cdot \beta \cdot N)^2 - P_M^2}$$

где S_T – полная мощность выбранного трансформатора, кВА;

β – коэффициент загрузки трансформатора (см.п. 1);

N – количество трансформаторов, зависящее от категорийности электроприемников объекта(см. п. 1);

P_M – максимальная активная мощность, кВт,

1,1 – коэффициент учитывающий по ГОСТ 14209-85 допустимую нагрузку трансформатора в течении смены.

4. Определяем необходимость компенсационной установки

$$Q_K = Q_M - Q_T$$

где Q_T – реактивная мощность, которая вырабатывается трансформатором (п.3), кВАр;

Q_M – реактивная мощность необходимая для работы объекта, кВАр.

Если значение Q_K отрицательно, то устанавливать компенсационную установку нет необходимости, если значение Q_K положительно, то компенсационная установка нужна.

В заключении отражается основное содержание курсового проекта, результаты проведенных расчетов.

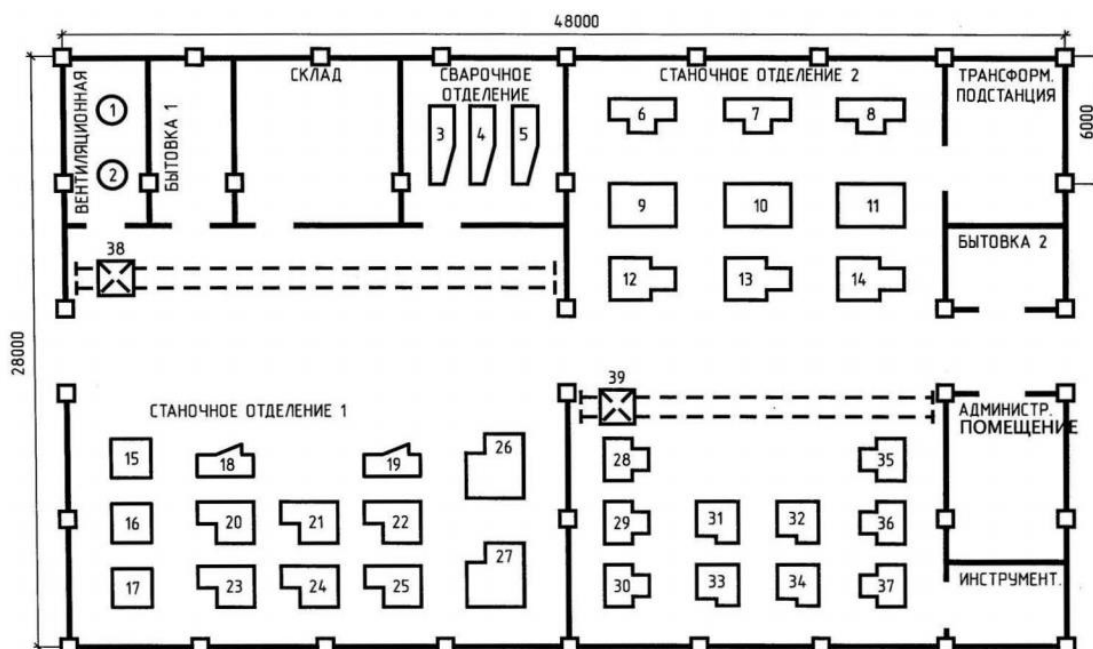
Список использованных источников включает перечень учебных, научных и других публикаций, которые использовались студентом при выполнении курсовой работы в количестве не менее 15-20 источников.

В приложениях представляется финансовая отчетность организации за три года, на материалах которой выполняется курсовая работа.

3 Исходные данные для выполнения курсового проектирования

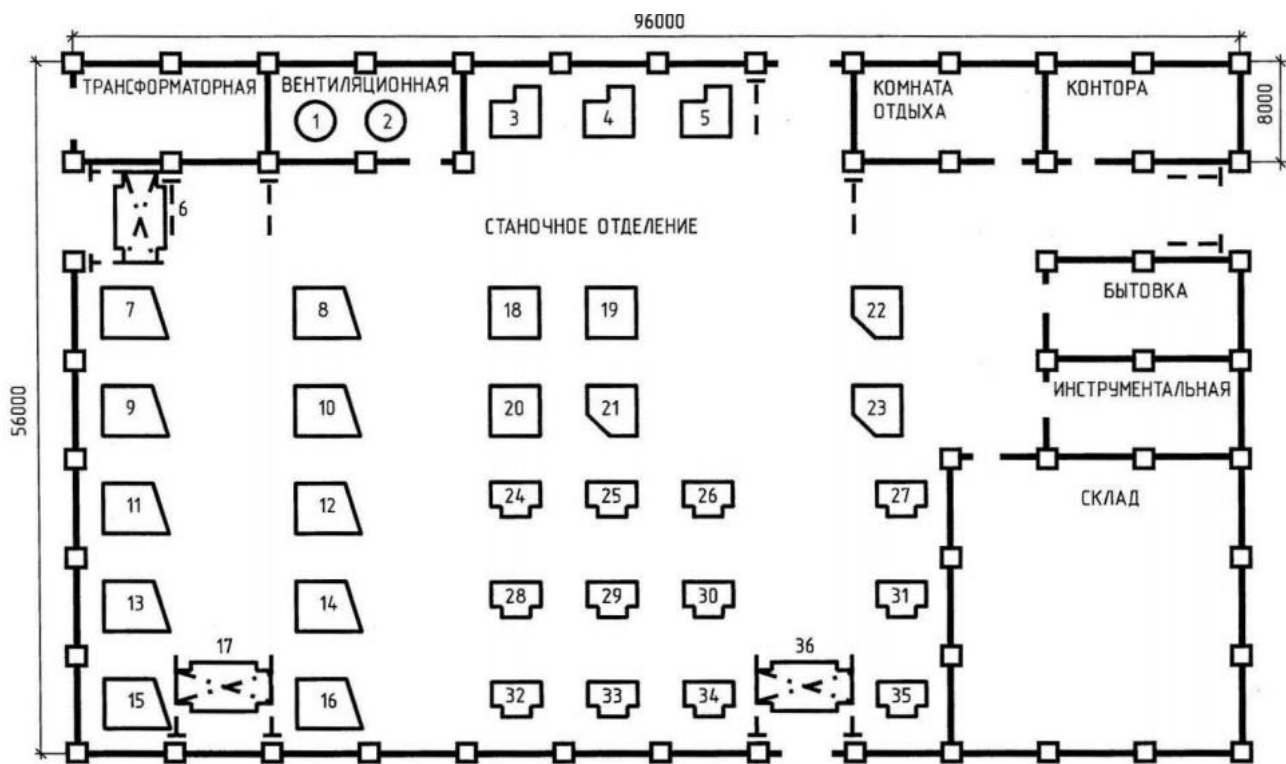
1 - Электроснабжение ремонтно-механического цеха

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------|---------------------------|----------------|------|------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эп}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1, 2 | Вентиляторы | 55 | 48 | 30 | |
| 3...5 | Сварочные агрегаты | 14 | 10 | 12 | ПВ = 40 % |
| 6...8 | Токарные автоматы | 10 | 12 | 6 | |
| 9...11 | Зубофрезерные станки | 20 | 15 | 10 | |
| 12...14 | Круглошлифовальные станки | 5 | 4 | 6 | |
| 15...17 | Заточные станки | 1,5 | 3 | 2,5 | 1-фазные |
| 18, 19 | Сверлильные станки | 3,4 | 3,2 | 2,2 | 1-фазные |
| 20...25 | Токарные станки | 12 | 9 | 6 | |
| 26, 27 | Плоскошлифовальные станки | 17,2 | 8,5 | 10,5 | |
| 28...30 | Строгальные станки | 4,5 | 12,5 | 17,5 | |
| 31...34 | Фрезерные станки | 7,5 | 9,5 | 8,5 | |
| 35...37 | Расточные станки | 4 | 11,5 | 7,5 | |
| 38, 39 | Краны мостовые | 30 | 25 | 20 | ПВ = 60 % |



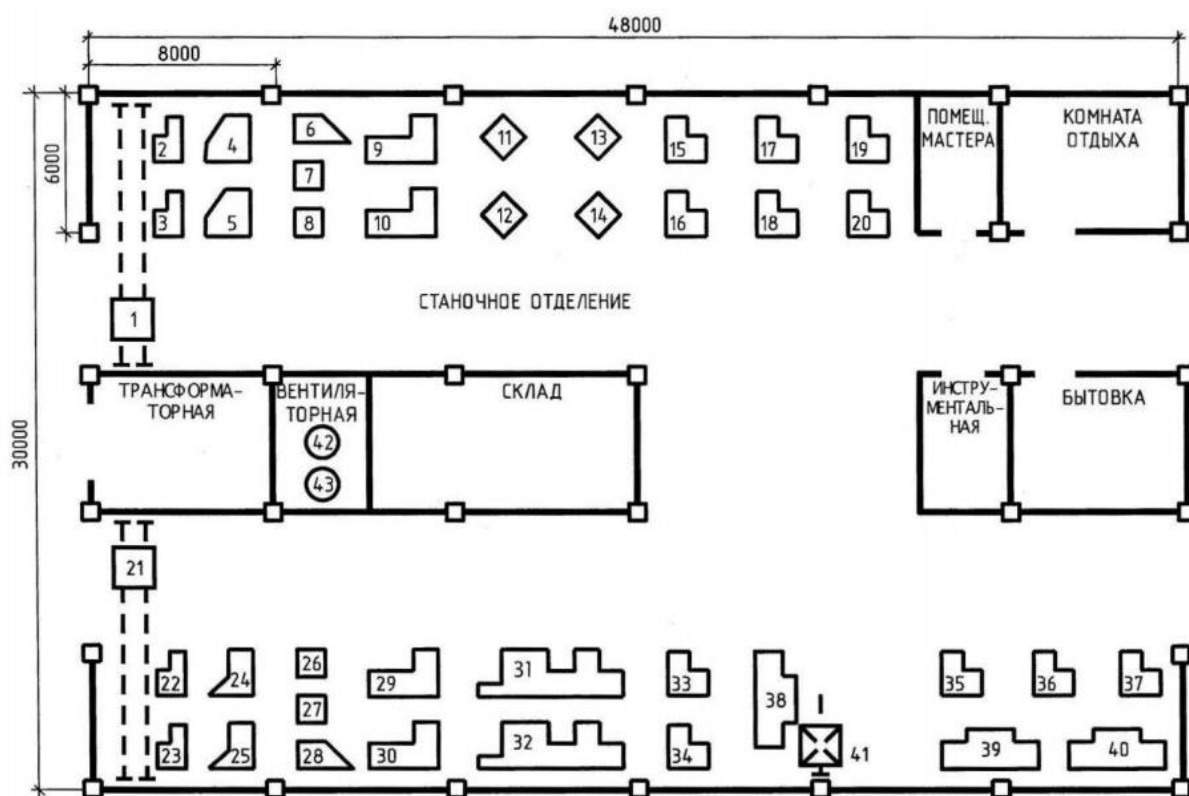
2 - Электроснабжение участка кузнечно-прессового цеха

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------|---------------------------------|----------------|---------|---------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эп}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | Вентилятор вытяжной | 55 | 40 | 50 | |
| 2 | Вентилятор приточный | 75 | 60 | 70 | |
| 3...5 | Электротермические установки | 20 | 15 | 18 | |
| 6, 17, 36 | Краны мостовые | 30 кВ·А | 25 кВ·А | 20 кВ·А | ПВ = 25 % |
| 7...16 | Обдирочные станки типа РТ-503 | 37 | 21 | 25 | |
| 18...20 | Кривошипные КПМ | 15 | 10 | 12 | |
| 21...23 | Фрикционные КПМ | 7,5 | 4,5 | 5,5 | |
| 24...35 | Обдирочные станки типа РТ-21001 | 21 | 17 | 19 | |



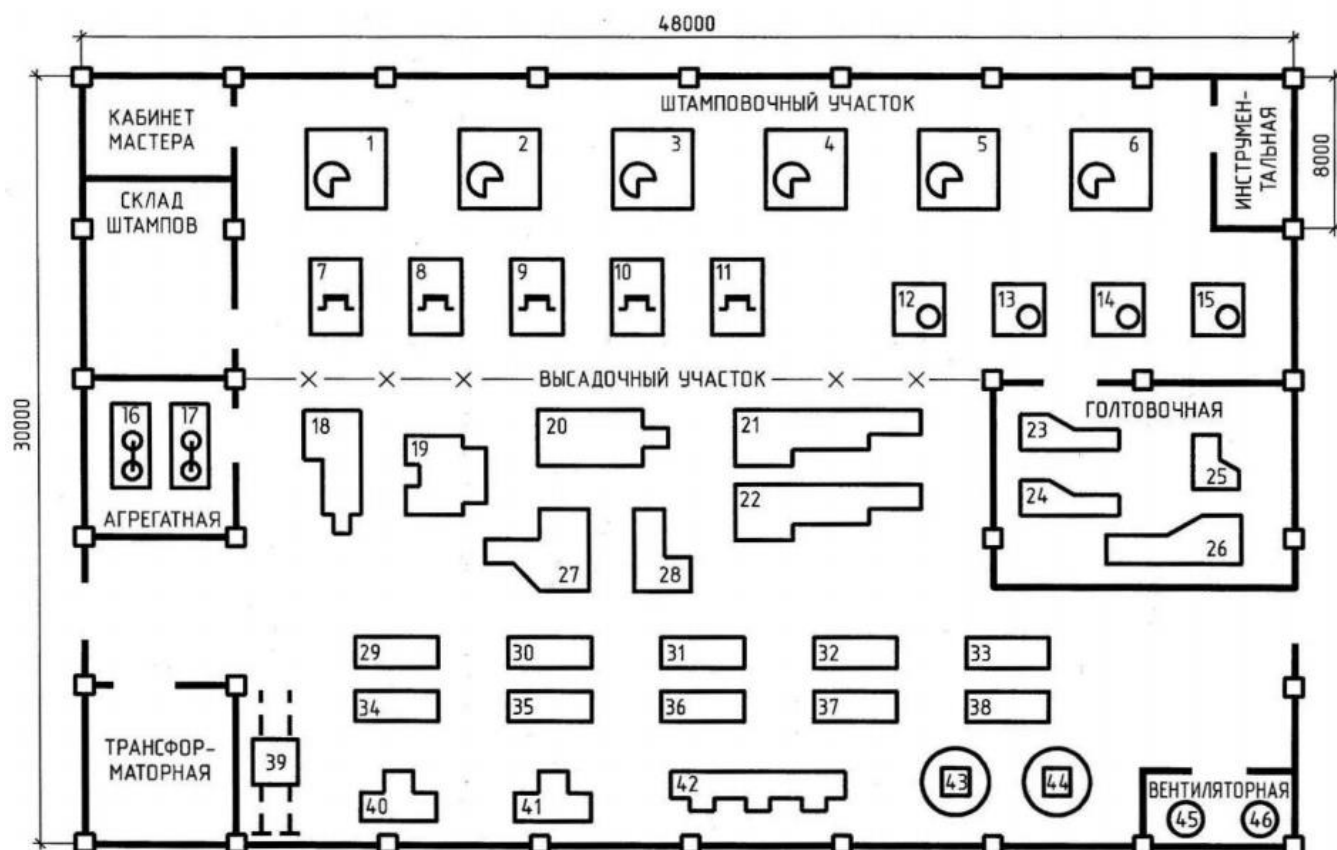
3 - Электроснабжение электромеханического цеха

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|---------------------|--------------------------------|----------------|----------|----------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эп}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1, 21 | Краны мостовые | 36 кВт·А | 25 кВт·А | 30 кВт·А | ПВ = 25 % |
| 2, 3, 22, 23 | Манипуляторы электрические | 3,2 | 3,5 | 2,8 | |
| 6, 28 | Точильно-шлифовальные станки | 2 | 1,8 | 2,2 | |
| 7, 8, 26, 27 | Настольно-сверлильные станки | 2,2 | 2 | 1,5 | |
| 9, 10, 29, 30 | Токарные полуавтоматы | 10 | 9,5 | 9,2 | |
| 11...14 | Токарные станки | 13 | 10,5 | 11 | |
| 15...20, 33...37 | Слиткообдирочные станки | 3 | 1,5 | 2 | |
| 24, 25 | Горизонтально-фрезерные станки | 7 | 7,5 | 5,5 | |
| 31, 32 | Продольно-строгальные станки | 10 | 9,5 | 7,8 | |
| 38...40 | Анодно-механические станки | 75 | 65 | 60 | |
| 41 | Тельфер | 5 | 5 | 5 | |
| 42, 43 | Вентиляторы | 4,5 | 4 | 6 | |



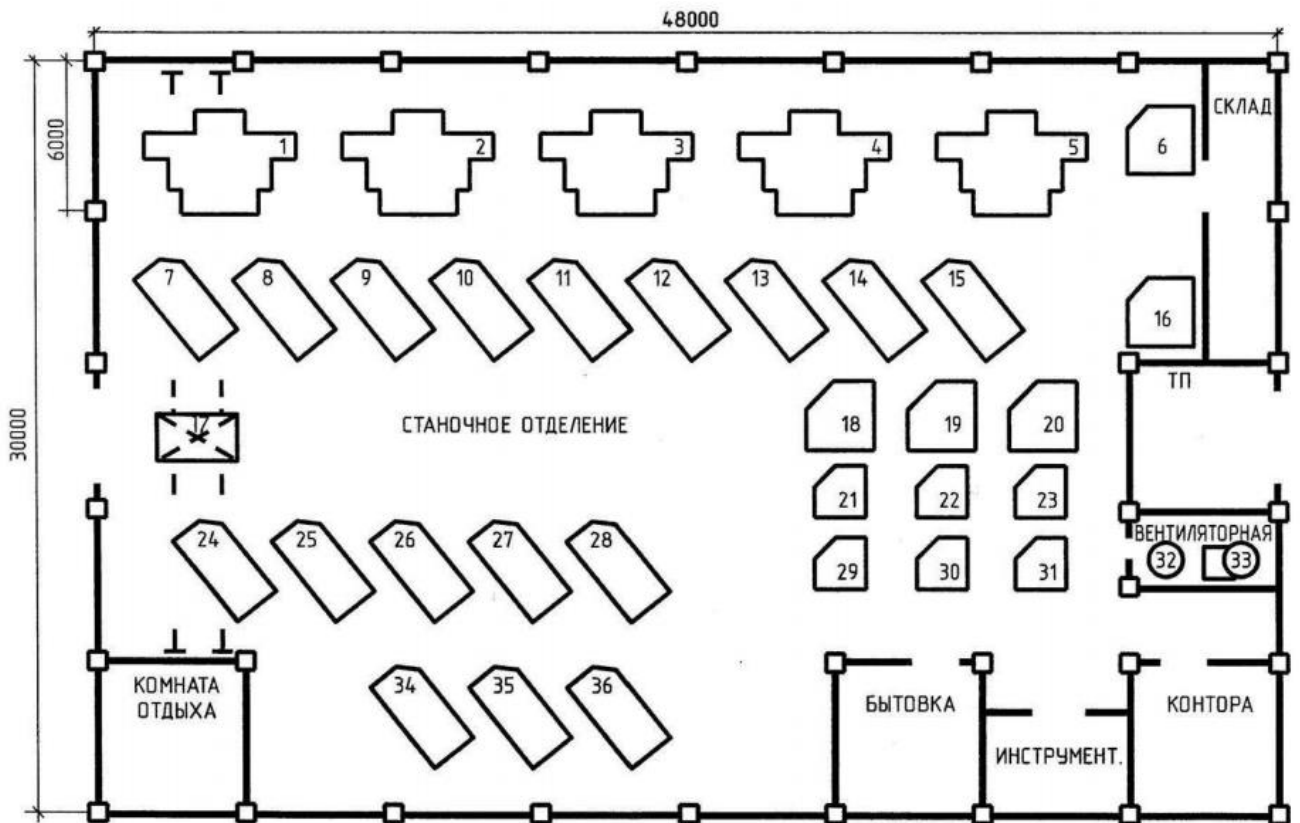
4 - Электроснабжение автоматизированного цеха

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------|--|----------------|-----|-----|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эл}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1...6 | Пресс эксцентриковый типа КА-213 | 2,2 | 1,8 | 2,5 | |
| 7...11 | Пресс кривошипный типа К-240 | 3 | 4,5 | 4,2 | |
| 12...15 | Вертикально-сверлильные станки типа 2А 125 | 3 | 4,5 | 3,5 | |
| 16, 17 | Преобразователи сварочные типа ПСО-300 | 14 | 15 | 12 | 1-фазные |
| 18 | Автомат болтовывсадочный | 4 | 2,8 | 3,4 | |
| 19 | Автомат резьбонакатный | 5 | 4,5 | 3,8 | |
| 20 | Станок протяжный | 7,5 | 8,2 | 8,5 | |
| 21, 22 | Автоматы гайковывсадочные | 10 | 18 | 22 | |
| 23, 24 | Бараны голтовочные | 5 | 3 | 4 | |
| 25 | Баран виброголковочный | 5,5 | 4,5 | 5 | |
| 26 | Станок виброголковочный | 8,2 | 7,5 | 10 | |
| 27 | Автомат обрубной | 10 | 15 | 3,5 | |
| 28 | Машина шнекомоечная | 5,2 | 4,2 | 3,5 | |
| 29...38 | Автоматы гайконарезные | 1,2 | 1,5 | 1,8 | |



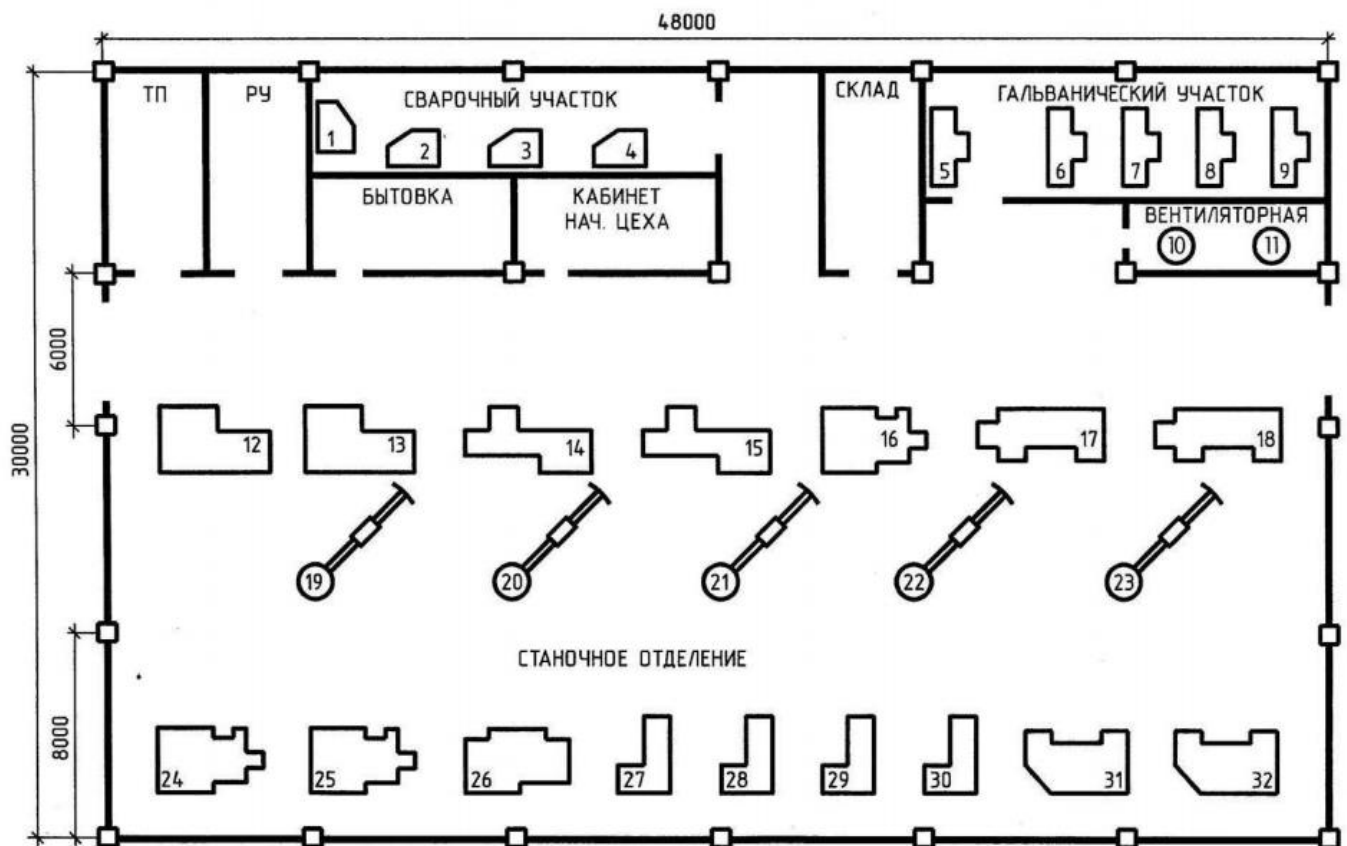
5 - Электроснабжение механического цеха

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------------|---------------------------------------|----------------|---------|---------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эп}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1...5 | Шлифовальные станки | 88,5 | 65,5 | 50 | |
| 6, 16, 18...20 | Обдирочные станки типа РТ-341 | 45 | 45 | 45 | |
| 17 | Кран мостовой | 60 кВ·А | 50 кВ·А | 40 кВ·А | |
| 21...23, 29...31 | Обдирочные станки типа РТ-250 | 35 | 35 | 35 | |
| 24...28, 34...36 | Анодно-механические станки типа МЭ-31 | 18,4 | 18,4 | 18,4 | |
| 7...15 | Анодно-механические станки типа МЭ-12 | 10 | 10 | 10 | |
| 32 | Вентилятор вытяжной | 28 | 22 | 18 | |
| 33 | Вентилятор приточный | 30 | 25 | 20 | |



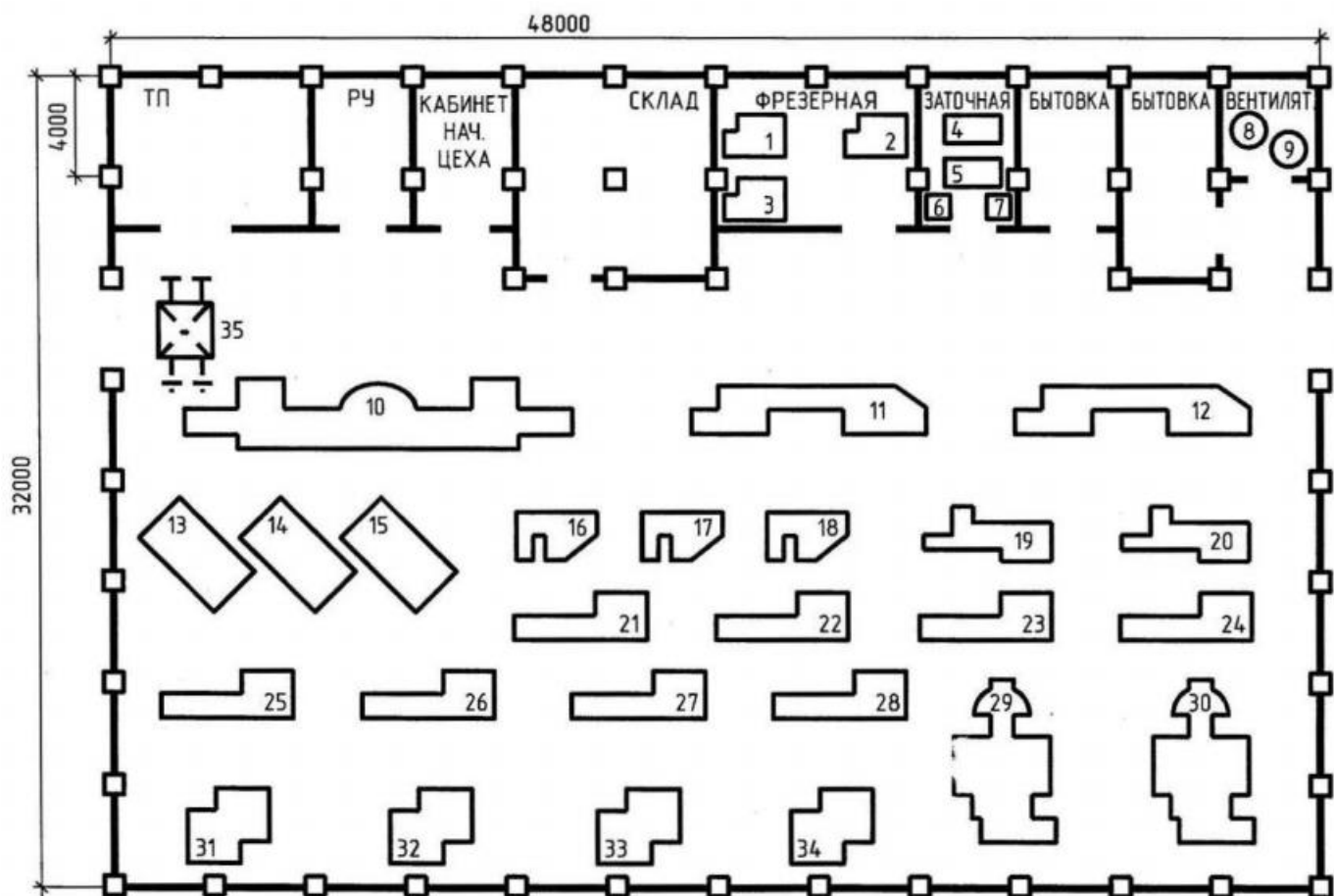
6 – Электроснабжение цеха обработки корпусных деталей

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------|--------------------------------|----------------|------|------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эл}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1...4 | Сварочные аппараты | 52 | 48 | 45 | ПВ = 60 % |
| 5...9 | Гальванические ванны | 28 | 30 | 25 | |
| 10, 11 | Вентиляторы | 10 | 12 | 8 | |
| 12, 13 | Продольно-фрезерные станки | 33 | 28 | 18,5 | |
| 14, 15 | Горизонтально-расточные станки | 10,5 | 12,5 | 12 | |
| 16, 24, 25 | Агрегатно-расточные станки | 14 | 12 | 10,5 | |
| 17, 18 | Плоскошлифовальные станки | 12 | 14 | 12,5 | |
| 19...23 | Краны консольные поворотные | 6,5 | 9,5 | 7,2 | ПВ = 25 % |
| 26 | Токарно-шлифовальный станок | 11 | 8,2 | 7,5 | |
| 27...30 | Радиально-сверлильные станки | 5,2 | 4,8 | 6,5 | |
| 31, 32 | Алмазно-расточные станки | 6 | 7 | 5 | |



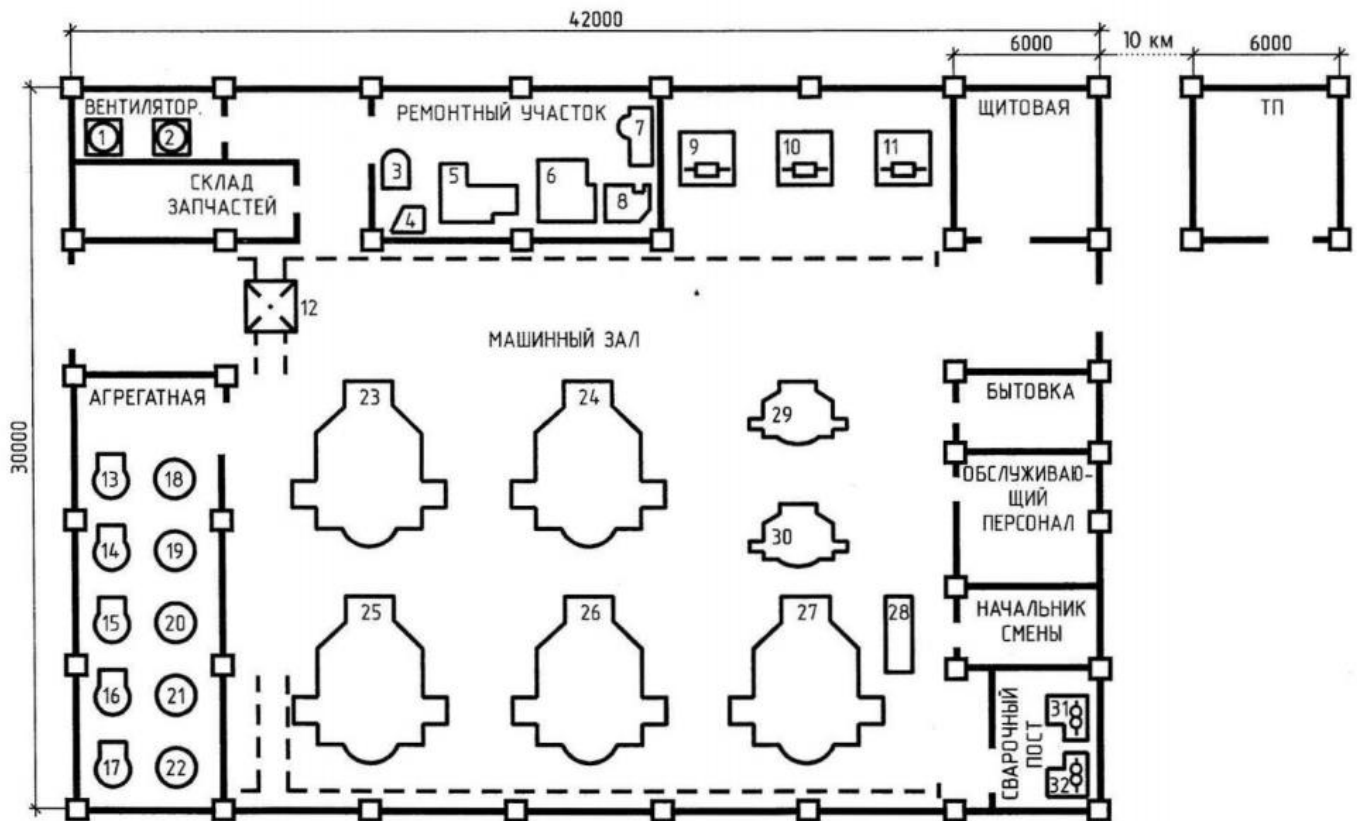
7 - Электроснабжение механического цеха серийного производства

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------|------------------------------|----------------------|---------|---------|------------------------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эл}, \text{кВт}$ | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1...3 | Карусельный фрезерный станок | 11 | 12 | 10 | |
| 4, 5 | Станок заточный | 3,4 | 2,8 | 3,2 | 1-фазный |
| 6, 7 | Станок наждачный | 1,5 | 1,2 | 1,6 | 1-фазный |
| 8 | Вентилятор приточный | 30 | 25 | 32 | |
| 9 | Вентилятор вытяжной | 28 | 23 | 30 | |
| 10 | Продольно-строгальный станок | 63,8 | 54 | 52,5 | |
| 11, 12 | Плоскошлифовальный станок | 38 | 42 | 24 | |
| 13...15 | Продольно-фрезерный станок | 24,5 | 20,5 | 18,5 | |
| 16...18 | Резьбонарезной станок | 10 | 8 | 5 | |
| 19, 20 | Токарно-револьверный станок | 15 | 17 | 22 | |
| 21...28 | Полуавтомат фрезерный | 11,5 | 12,5 | 10,5 | |
| 29, 30 | Зубофрезерный станок | 38 | 27 | 19 | |
| 31...34 | Полуавтомат зубофрезерный | 9,5 | 10,2 | 8,5 | |
| 35 | Кран мостовой | 30 кВ·А | 27 кВ·А | 32 кВ·А | ПВ = 60 % $\cos \varphi = 0,92$ |



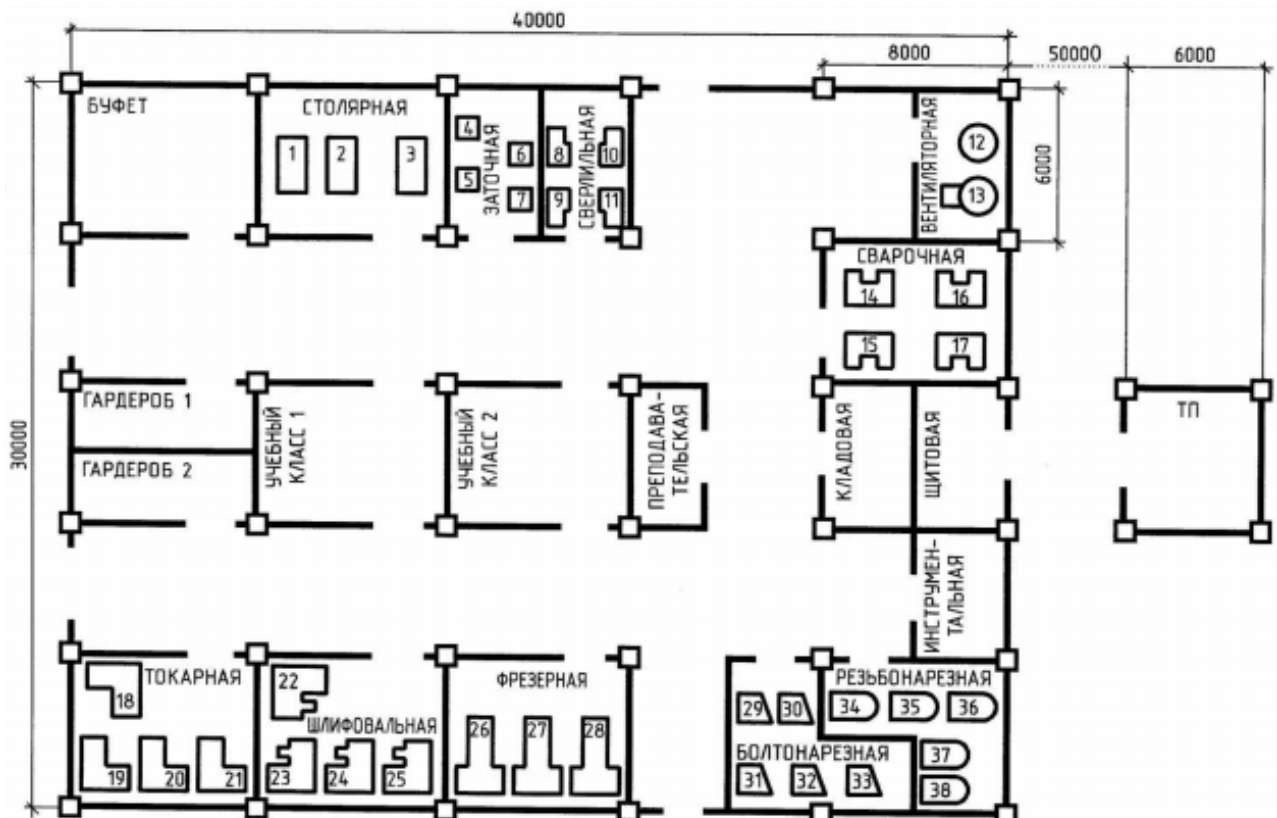
8 - Электроснабжение насосной станции

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------|---------------------------------|----------------|------------|------------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эл}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1, 2 | Вентиляторы | 5 | 8 | 10 | |
| 3 | Сверлильный станок | 3,4 | 4,2 | 2,8 | 1-фазный |
| 4 | Заточный станок | 2,2 | 2,5 | 1,8 | 1-фазный |
| 5 | Токарно-револьверный станок | 22 | 28 | 25 | |
| 6 | Фрезерный станок | 10 | 9,6 | 8,5 | |
| 7 | Круглошлифовальный станок | 5,5 | 6,2 | 7,8 | |
| 8 | Резьбонарезной станок | 8 | 6 | 7 | |
| 9...11 | Электронагреватели отопительные | 15,5 | 12,5 | 17,5 | |
| 12 | Кран мостовой | 30,8 кВт·А | 40,2 кВт·А | 28,6 кВт·А | ПВ = 25 % |
| 13...17 | ЭД вакуумных насосов | 8 | 6 | 5 | |
| 18...22 | Электродвигатели задвижек | 1,2 | 0,8 | 1,5 | 1-фазные |
| 23...27 | Насосные агрегаты | 630 | 250 | 360 | |
| 28 | Щит сигнализации | 1,1 | 0,8 | 1,2 | 1-фазный |
| 29, 30 | Дренажные насосы | 9,5 | 11,2 | 8,4 | |
| 31, 32 | Сварочные агрегаты | 15 кВт·А | 12 кВт·А | 12,5 кВт·А | ПВ = 40 % |



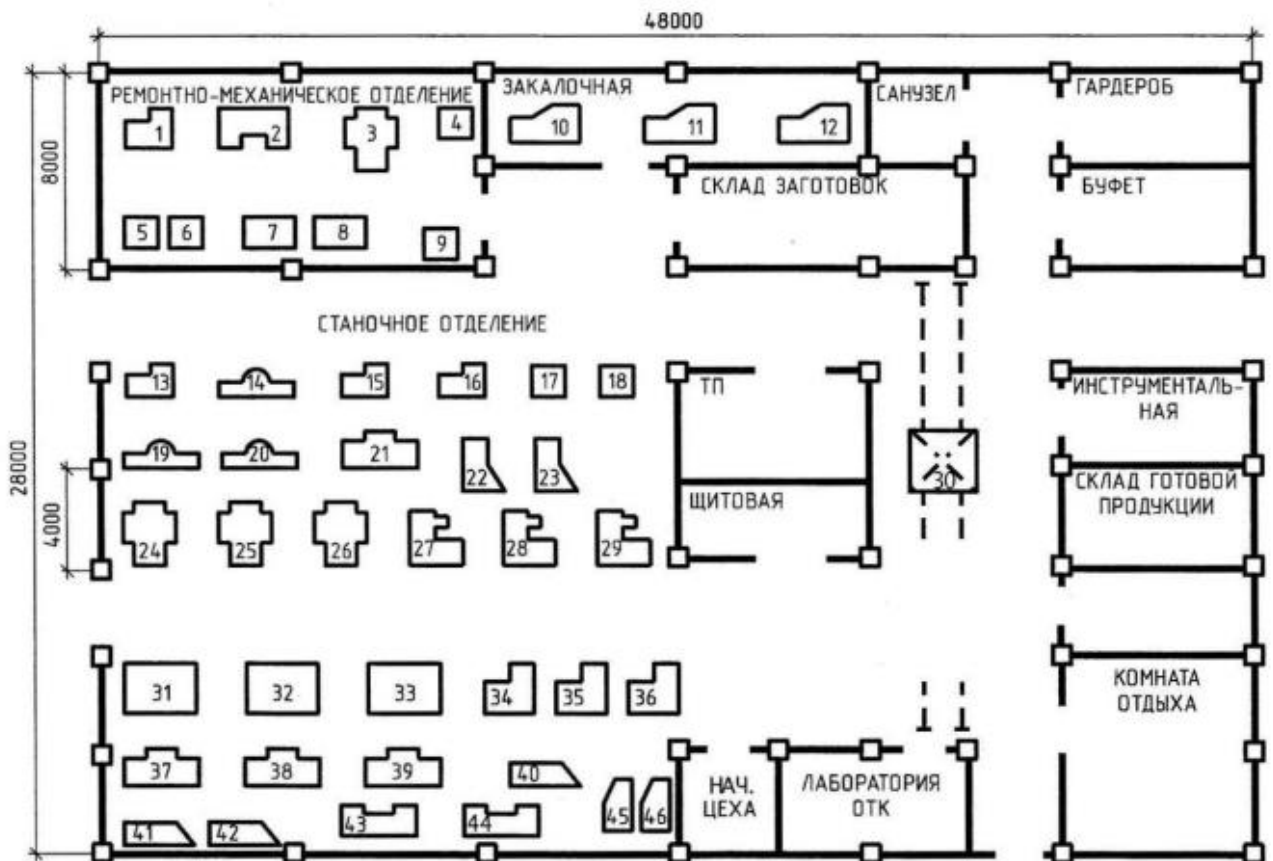
9 - Электроснабжение служебных мастерских

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------|-----------------------------|----------------|----------|----------|-----------------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эп}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1...3 | Деревообрабатывающие станки | 6 | 12,5 | 3,5 | |
| 4...7 | Заточные станки | 2,3 | 2,8 | 3,2 | 1-фазные |
| 8...11 | Сверлильные станки | 7,5 | 3,5 | 4,2 | |
| 12 | Вентилятор вытяжной | 4,5 | 7,2 | 3,2 | |
| 13 | Вентилятор приточный | 5 | 8,5 | 4,5 | |
| 14...17 | Сварочные агрегаты | 14 кВт·А | 18 кВт·А | 16 кВт·А | 1-фазные ПВ = 60 % |
| 18...21 | Токарные станки | 3,8 | 6,3 | 5,7 | |
| 22...25 | Круглошлифовальные станки | 5,2 | 4,8 | 6,5 | |
| 26...28 | Фрезерные станки | 8 | 7,5 | 4,8 | |
| 29...33 | Болтонарезные станки | 3,2 | 2,5 | 2,5 | |
| 34...38 | Резьбонарезные станки | 8,1 | 6,2 | 4,2 | |



10 - Электроснабжение цеха механической обработки деталей

| № на плане | Наименование ЭО | Вариант | | | Примечание |
|------------------------|--------------------------------|----------------|---------|---------|------------|
| | | 1 | 2 | 3 | |
| | | $P_{эл}$, кВт | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1, 13, 15, 16, 34...36 | Токарные специальные станки | 10 | 12 | 8,5 | |
| 2, 43, 44 | Алмазно-расточные станки | 2,2 | 3,5 | 5,4 | |
| 3, 24...26 | Вертикально-фрезерные станки | 7,5 | 8,6 | 10 | |
| 4, 9 | Наждачные станки | 2,4 | 1,5 | 4,5 | 1-фазные |
| 5, 6, 17, 18 | Сверлильные станки | 8 | 4 | 3,5 | |
| 7, 8 | Заточные станки | 1,5 | 3,2 | 2,5 | 1-фазные |
| 10...12 | Закалочные установки | 15 | 12 | 20 | |
| 14, 19, 20 | Круглошлифовальные станки | 6,5 | 7,5 | 12 | |
| 21, 37...39 | Токарные полуавтоматы | 22 | 18 | 15 | |
| 22, 23 | Балансировочные станки | 2,7 | 3,4 | 1,8 | |
| 27...29 | Вертикально-сверлильные станки | 4 | 6 | 5 | |
| 30 | Кран мостовой | 30 кВ·А | 25 кВ·А | 18 кВ·А | ПВ = 40 % |
| 31...33 | Агрегатные станки | 12 | 16,5 | 12,5 | |
| 41, 40, 42 | Шпоночно-фрезерные станки | 7 | 5 | 3 | |
| 45, 46 | Магнитный дефектоскоп | 1,2 | 1,3 | 1,5 | 1-фазный |



3. Оформление курсового проекта

Оформление курсового проекта осуществляется исходя из требований руководящего документа РД 01.001- 2014 «Текстовые работы. Правила оформления».

Руководящий документ устанавливает порядок оформления текстовых студенческих работ: расчётно-графических и индивидуальных домашних

заданий, лабораторных работ, рефератов, отчётов по практике, курсовых и дипломных работ, пояснительных записок к курсовым и дипломным проектам, выпускным квалификационным работам, диссертациям на соискание академической степени магистра.

Требования РД 01.001- 2014 являются обязательными для студентов всех факультетов академии.

4. Порядок защиты курсового проекта

Курсовой проект, допущенный к защите, возвращается обучающемуся для ознакомления с письменной рецензией руководителя и внесения изменений и исправлений по отдельным замечаниям, о чем должно быть доложено на защите.

На защите обучающийся должен показать способность хорошо ориентироваться в содержании представленного проекта, уметь формулировать выводы, отвечать на вопросы как теоретического, так и практического характера, относящиеся к теме проекта.

Каждый обучающийся в течение 5-7 минут излагает основные положения своего проекта. Доклад необходимо подготовить заблаговременно. В нем приводятся лишь основные цифровые показатели, его не следует перегружать цифрами, но и нельзя ограничиваться лишь теоретическими положениями. Особое внимание обращается на четкость формулировок.

Ответы на вопросы должны быть убедительными, теоретически обоснованными, а при необходимости подкреплены цифровым материалом. При этом обучающийся может пользоваться курсовым проектом или цитировать его отдельные положения.

5. Критерии оценки курсового проекта

Оценка зависит от качества курсового проекта и полноты доклада и ответов на вопросы при защите. Оцениваются: логичность, убедительность изложения и защиты положений (до 10 баллов), раскрытие темы (до 10 баллов), использование широкой информационной базы (до 10 баллов), наличие собственных аргументированных выводов, обобщений, (до 30 баллов), наличие обоснованных предложений (до 20 баллов), соблюдение правил цитирования (до 10 баллов), правильность оформления (до 10 баллов).

Таким образом, максимальное количество баллов, которое может получить обучающийся за курсовой проект - 100 баллов.

Оценка за курсовой проект с учетом его содержания и его защиты обучающемуся выставляется по пятибалльной шкале.

Высшая оценка «отлично» (90-100 баллов) ставится за всестороннюю глубокую проработку темы на основе широкого круга источников информации, формирование собственной, аргументированной позиции студента по данному

вопросу; проведение глубокого и всестороннего анализа данных по разрабатываемой теме; определение основных направлений совершенствования работы ЭТС, обоснование конкретных рекомендаций по обоснованию структуры и формы ЭТС. Полное соблюдение правил оформления курсового проекта.

Оценка «хорошо» (80-89 баллов) ставится при нарушении одного из вышеизложенных требований: в случае ошибок в расчетах, выводах, отсутствии конкретных предложений, но при условии достаточно полной, глубокой и самостоятельной проработки темы, а также соблюдении всех других требований.

Оценка «удовлетворительно» (60-79 баллов) ставится за работу, текст и приводимые данные которой свидетельствуют о том, что студент добросовестно ознакомился и проработал основные источники, без привлечения которых работа не могла бы быть выполнена, а содержание темы раскрыл в основном правильно.

Курсовой проект, который преподаватель признал неудовлетворительным, возвращается для доработки с учетом высказанных замечаний.

Курсовой проект должен быть написан и представлен к защите в сроки, установленные учебным планом.

6. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

а) основная литература

1. Фролов Ю.М. Основы электроснабжения [Электронный ресурс]: учеб.пособие / Ю.М. Фролов, В.П. Шелякин. – Санкт-Петербург: Лань, 2012. – 432 с. - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/book/4544>

б) дополнительная литература

1. Коробов Г. В. Электроснабжение. Курсовое проектирование : учебное пособие / Г. В. Коробов, В. В. Картавцев, Н. А. Черемисинова. - 3-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 192 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/44759> (дата обращения: 27.12.2020). - Режим доступа: ЭБС "Лань"; по подписке. - ISBN 978-5-8114-1164-1. - Текст: электронный.

2. Сибикин Ю. Д. Электроснабжение : учеб. пособие / Ю. Д. Сибикин, М. Ю. Сибикин. - Москва : ИП РадиоСофт, 2013. - 328 с.

3. Щербаков Е. Ф. Электроснабжение и электропотребление в сельском хозяйстве : учебное пособие / Е. Ф. Щербаков, Д. С. Александров, А. Л. Дубов. - 2-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2020. - 392 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/130498> (дата обращения: 27.12.2020). - Режим доступа: ЭБС "Лань"; по подписке. - ISBN 978-5-8114-3114-4. - Текст: электронный.

4. Юндин М. А. Курсовое и дипломное проектирование по электроснабжению сельского хозяйства : учебное пособие / М. А. Юндин, А. М. Королев. - 2-е изд., испр. и доп. - Санкт-Петербург : Лань, 2011. - 320 с. - URL:

<https://e.lanbook.com/book/1803> (дата обращения: 27.12.2020). - Режим доступа: ЭБС "Лань"; по подписке. - ISBN 978-5-8114-1160-3. - Текст: электронный.

5. Боцман В. В. Электроснабжение : конспект лекций / В. В. Боцман. - Белгород : БелГАУ им.В.Я.Горина, 2019. - 144 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/123352> (дата обращения: 27.12.2020). - Режим доступа: ЭБС "Лань"; по подписке.- Текст: электронный.

6. Малафеев С. И. Надежность электроснабжения : учебное пособие / С. И. Малафеев. - 2-е изд., испр. - Санкт-Петербург : Лань, 2018. - 368 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/101833> (дата обращения: 27.12.2020). - Режим доступа: ЭБС "Лань"; по подписке. - ISBN 978-5-8114-1876-3. - Текст: электронный.

в) Интернет-ресурсы:

1. Электричество и энергетика [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://www.electrik.org>

2. Электроснабжение [Электронный ресурс].- Режим доступа:<http://www.elsety.ru>