

Министерство образования и науки Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра электроснабжения промышленных предприятий

В.Б. Шлейников, Т.В. Сазонова

ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ СИЛОВЫХ ЭЛЕКТРОПРИЕМНИКОВ ЦЕХА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Рекомендовано к изданию Ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Оренбургский государственный университет» в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 140211.65 Электроснабжение и направлению подготовки 140400.62 Электроэнергетика и электротехника профиль «Электроснабжение»

Оренбург
2012

УДК 621.311(075)

ББК 31.29-5я7

Ш 68

Рецензент – доктор технических наук, профессор А.И. Каяшев

Шлейников, В.Б.

Ш 68

Электроснабжение силовых электроприемников цеха промышленного предприятия: учебное пособие / В.Б. Шлейников, Т.В. Сазонова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2012. – 110 с.

В учебном пособии рассмотрены практические вопросы, связанные с проектированием электроснабжения силовых электроприемников цеха промышленного предприятия, в т. ч. составление компоновки технологического оборудования, определение расчетных электрических нагрузок создаваемых силовыми электроприемниками цеха и выбор токоведущих и распределительных устройств.

Учебное пособие предназначено для организации лабораторно-практических занятий и самостоятельной работы по дисциплине «Системы электроснабжения» со студентами, очной и заочной форм обучения, обучающихся по программам высшего профессионального образования по специальности 140211.65 Электроснабжение и по дисциплине «Электроснабжение» со студентами, очной и заочной форм обучения, направления подготовки 140400.62 Электроэнергетика и электротехника профиль «Электроснабжение».

УДК 621.311(075)

ББК 31.29-5я7

© Шлейников В.Б.,
Сазонова Т.В., 2012
© ОГУ, 2012

Содержание

Введение	5
1 Лабораторно – практическое задание № 1. Составление компоновки технологического оборудования цеха средствами системы Компас 3D.....	9
1.1 Создание нового листа.....	9
1.2 Нанесение контура цеха	11
1.3 Нанесение технологического оборудования	19
1.4 Нанесение обозначений на чертеже	25
2 Лабораторно – практическое задание № 2. Определение расчетной электрической нагрузки.....	27
2.1 Определение нагрузки группы трехфазных электроприемников	27
2.2 Пример оформления расчета нагрузки трехфазных электроприемников.....	31
2.3 Пример расчета трехфазных нагрузок средствами таблицы Excel.....	33
2.4 Определение нагрузки группы однофазных электроприемников	36
2.5 Пример оформления расчета нагрузки группы однофазных электроприемников	45
2.6 Пример расчета однофазных нагрузок средствами таблицы Excel	55
2.7 Определение нагрузки силовых электроприемников цеха.....	57
2.8 Пример оформления расчета нагрузки силовых электроприемников цеха	58
2.9 Пример расчета нагрузок цеха средствами таблицы Excel.....	59
3 Лабораторно-практическое занятие №3. Выбор оборудования и токоведущих элементов силовой сети	61
3.1 Проектирование схемы силовой сети	62
3.2 Выбор шинпроводов	66
3.3 Выбор силовых распределительных пунктов	67
3.4 Выбор марки и проводников кабелей	68

3.5 Выбор сечения проводов и кабелей по нагреву.....	68
Заключение.....	72
Список использованных источников	72
Приложение А Справочные данные для определения электрической нагрузки....	75
Приложение Б Справочные данные для выбора шинпроводов.....	78
Приложение В Справочные данные для выбора распределительных силовых шкафов и пунктов.....	81
Приложение Г Справочные данные для выбора марки силовых кабелей и проводников.....	96
Приложение Д Справочные данные для выбора сечения силовых кабелей и проводников.....	105

Введение

Проектирование системы электроснабжения любого объекта требует правильного определения ожидаемой электрической нагрузки, на всю систему и ее отдельные участки. Сложность решения данной задачи связана с невозможностью быстрого подтверждения правильности ее решения с одной стороны и значительных материальных затрат необходимых для выполнения подобной проверки с другой. Поэтому изучение раздела дисциплины «Электроснабжение» посвященного определению электрической нагрузки различных объектов электроснабжения является важной задачей, являющейся основой для всех без исключения последующих разделов данной дисциплины.

Почти столетняя история развития методов расчета электрических нагрузок прошла ряд этапов, начиная от эмпирических представлений 20-х годов XX века до современных методов, основанных на идеях и математическом аппарате теории вероятностей и случайных процессов и базируется на исследованиях Г.М. Каялова, С.Ф. Волобринского, [1] Ю.Л. Мукосеева, [2] Б.И. Кудрина и др. не менее значимых работах. В процессе своего совершенствования уточнялись используемые методы расчета, принимались или отвергались различные нормативные и руководящие документы, в научном споре добывалась истина.

Данное издание не представляет сведений об обширных теоретических исследованиях и этапах эволюции методов определения электрических нагрузок, но ставит цель - помочь студентам вуза в освоении практики расчета силовых электрических нагрузок цеха промышленного предприятия. Для этого в практикуме приводится ряд типовых задач, с решениями, опираясь на которые студентам предоставляется возможность: впервые, под руководством преподавателя решить типовую задачу; повторно, самостоятельно выполнить части контрольной работы с аналогичной задачей.

В качестве исходных данных для рассматриваемых задач предполагается использовать сведения об оборудовании ремонтно-механического цеха (РМЦ) – универсального подразделения входящего в состав большинства промышленных пред-

приятый. В состав цеха может входить до 10 производственных участков с общим количеством электроприемников 50-90 единиц.

При выборе исходных данных может потребоваться группировка электроприемников по их расположению в различных отделениях, что должно поясняться с помощью компоновки технологического оборудования. Компоновку удобно выполнять средствами системы Компас-3D с использованием различных шаблонов и примитивов. Расстановка технологического оборудования в помещении цеха подчиняется нормам и правилам с соблюдением основных размеров.

Также, предварительными данными может являться характеристика потребителей цеха, которую удобно выполнять по следующей схеме. Станки группируются по характерным группам:

1) станки универсального назначения, к которым, как правило, относятся одновращательные металлорежущие станки общепромышленного назначения, используемые в различных технологических процессах, способные к переходу на изготовление различных деталей без перенастройки аппаратной части. В названии таких станков часто может быть указано «универсальный». Например, универсально-фрезерный станок 6М85 с электродвигателем АО52-4 мощностью 7 кВт, или точильный станок 332А с электродвигателем АО41-4 мощностью 1,7 кВт;

2) специализированные и агрегатные станки – работающие по определенной программе или в полуавтоматическом режиме и способные выполнять несколько операций определенной текущей программой. Такие станки, как правило, многодвигательные. Например, продольно-строгальный станок – очень сложный технологический агрегат, больших размеров предназначен для выполнения работ высокой точности, может содержать до 13-15 различных электродвигателей установленной мощности 40 кВт и более;

3) вентиляторы – выделяются в отдельную группу т.к. эти электроприемники работают в особом режиме «вентиляторной» нагрузки. Режим работы вентиляторов – продолжительный;

4) подъемные механизмы представлены кранами, кран-балками, тельферами, талями и др. Режим работы таких электроприемников значительно отличается от

режима работы, например, вентиляторов или универсальных станков. При расчете нагрузки от электроприемников подъемных механизмов должен быть учтен повторно-кратковременный режим их работы согласно [3] и [4];

5) преобразователи – достаточно мощные электроприемники, предназначенные для изменения параметров электроэнергии (род тока, частота и др.), для питания установок электрофизикохимической обработки материалов, использующие для осуществления техпроцесса постоянный ток и имеющие в своем составе преобразовательное устройство;

6) печи и прочие нагревательные установки выделяют в отдельную группу т.к. эти электроприемники не имеют электродвигатели. В основном для ремонтно-механического цеха характерны печи сопротивления, работающие с коэффициентом мощности, близким к единице. Могут применяться и индукционные нагревательные установки, потребляющие гораздо большее количество реактивной мощности. Режим работы печей сопротивления в расчетах принимается продолжительный, хотя в большинстве садочных печей применяется двухпозиционное регулирование характерное для повторно-кратковременного режима работы;

7) электрическая сварка составляет группу электроприемников потребляющих очень много электроэнергии в режиме, близком к короткому замыканию. Поэтому сварочные установки работают с продолжительностью включения 60% и менее. Кроме того сварочные установки влияют на очень многие показатели качества электроэнергии, ухудшая их. Например, сварочная дуга является источником высших гармоник, а особый режим работы полуавтоматических сварочных машин контактной сварки влияет на дозу фликера.

Каждую группу электроприемников следует характеризовать по следующим показателям:

- 1) роду тока;
- 2) количеству фаз;
- 3) частоте;
- 4) установленной мощности;
- 5) номинальному напряжению;

- 6) коэффициенту мощности;
- 7) тяжести пусковых режимов;
- 8) степени симметрии;
- 9) наличию высших гармоник;
- 10) режиму работы;
- 11) стационарности расположения;
- 12) требованиям к качеству электроэнергии;
- 13) требованиям к надежности электроснабжения.

Характеристики приводятся в виде указания альтернативного значения показателя, например, род тока – постоянный / переменный, или обобщенное для данной группы значение показателя, например для сварочных установок $\cos\varphi - 0,5 - 0,6$.

Кроме того следует учитывать характеристики помещений, в которых располагаются электроприемники. Эти характеристики определяются в соответствии с нормативной документацией [5], оформляются в виде таблицы 1 и наносятся на компоновочный план в виде специальных символов.

Таблица 1 – Характеристика производственных помещений цеха

Номер на плане	Наименование помещения цеха	Характеристики помещения по:		Примечания
		взрыво-опасности	пожаро-опасности	
1	Механическое	-	-	-
2	Столярный участок	-	П-II	Наличие пыли с температурой вспышки
3	Склад технических жидкостей	В-Iб	-	Лаборатории с небольшим количеством газов или ЛВЖ

1 Лабораторно – практическое задание № 1. Составление компоновки технологического оборудования цеха средствами системы Компас 3D

Составление компоновки технологического оборудования цеха удобно выполнить средствами системы Компас 3D различных версий. Простота освоения и работы, богатые функциональные возможности системы Компас 3D позволяют использовать его в различных направлениях проектной деятельности, в том числе и в разработке объектов электроснабжения.

Взаимодействие пользователя с системой Компас 3D обеспечивается набором стандартных средств: панелей, командных кнопок и окон. При возникновении затруднительных ситуаций во время работы с системой можно быстро получить необходимую справку. Более подробные сведения о системе Компас 3D можно получить, обратившись к литературным источникам [6].

1.1 Создание нового листа

При построении нового чертежа необходимо перейти по вкладкам **Файл-Создать** и в появившемся окне «Новый документ», показанном на рисунке 1, выбрать команду **Чертеж**

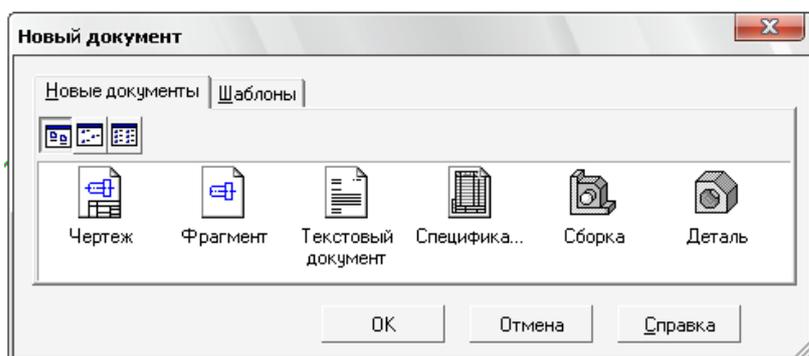


Рисунок 1 – Вид окна «Новый документ»

В рабочей области появится окно с листом и рамкой формата А4, показанное на рисунке 2.

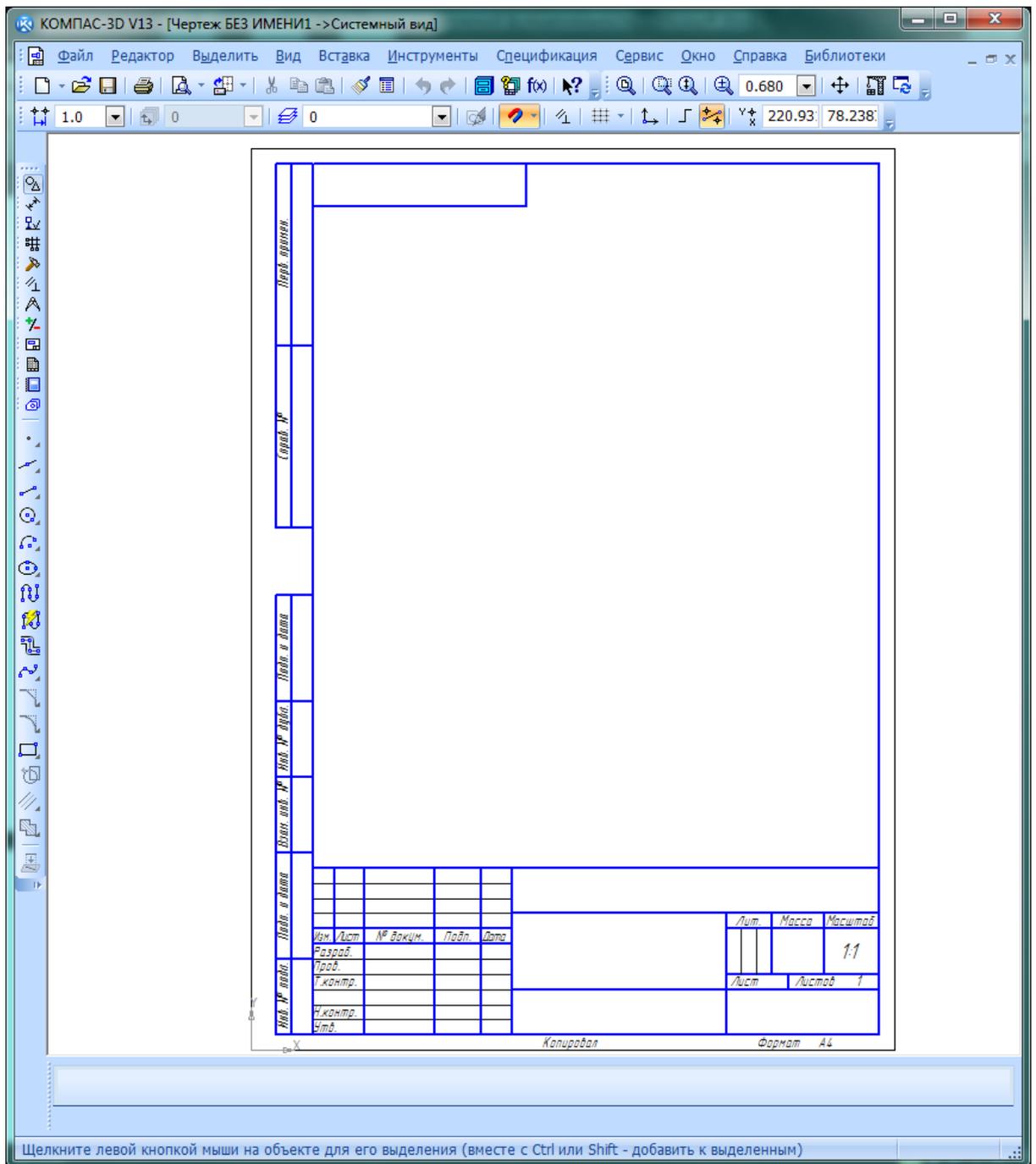


Рисунок 2 – Вид окна с листом и рамкой, формата А4

Требуется изменить формат листа, выбрав команду **Менеджер документа**, нажатием на одноименную кнопку, показанную на рисунке 3.

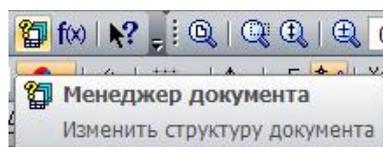


Рисунок 3 – Вид кнопки «Менеджер документа»

В появившемся окне «Менеджер документа» на вкладке «Формат» выбираем из раскрывающегося списка значение A1, как показано на рисунке 4. Изменяем ориентацию листа на вкладке «Ориентация».

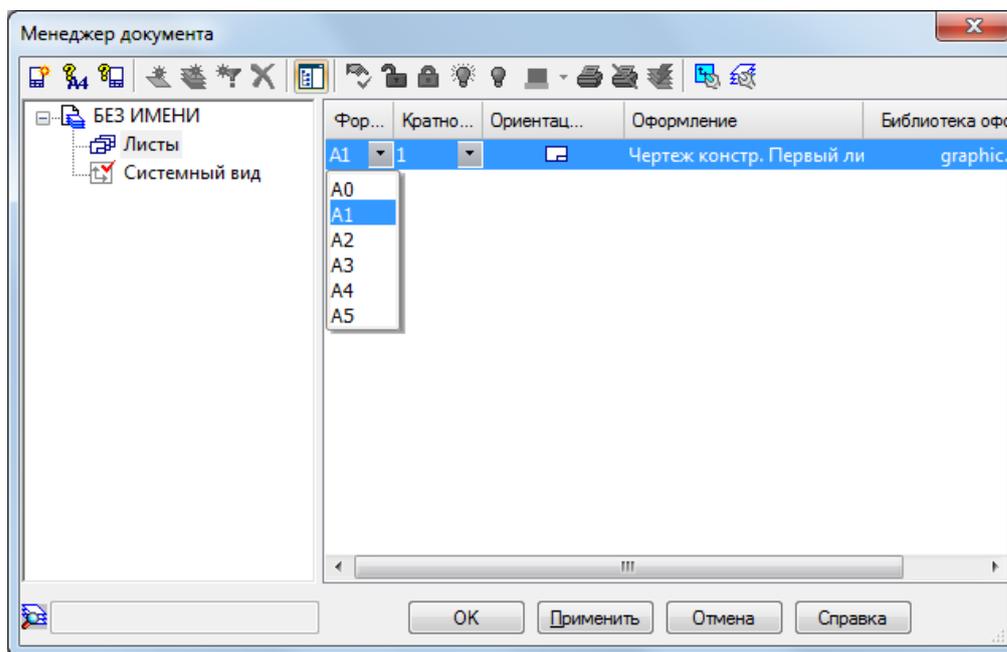


Рисунок 4 – Вид окна «Менеджер документа»

После нажатия кнопки Ок, формат и положение листа изменятся.

1.2 Нанесение контура цеха

В первую очередь намечаем расположение колонн. По заданию известно расстояние между колоннами -12 м. и ширина пролета – 6 м. Учитывая что ширина колонны 0,5 м, количество рядов колон – 10 шт., количество пролетов – 3 шт., шириной 12 метров каждый, длина и ширина цеха составят 60,5 м и 36,5 м.

Чертим прямоугольник с размерами 605x365 мм, используя масштаб (1:100) в одном сантиметре – один метр.

Для черчения прямых углов выбираем команду **Ортогональное черчение** нажатием одноименной кнопки, панели инструментов «Текущее состояние», как показано на рисунке 5.

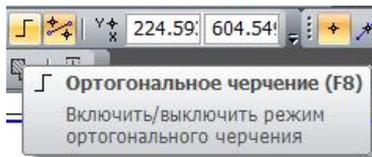


Рисунок 5 – Вид кнопки «Ортогональное черчение»

Для создания внешних границ цеха воспользуемся командой **Прямоугольник** панели «Геометрия».

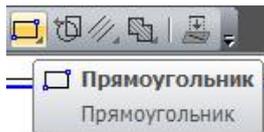


Рисунок 6 – Вид кнопки «Прямоугольник»

Выбрав команду «Прямоугольник» отмечаем щелчком мыши правый угол контура цеха и, наблюдая изменение размеров прямоугольника, перемещаем указатель в диагонально расположенный угол. При достижении нужных размеров, щелкаем левой кнопкой мыши для фиксации прямоугольника. Получили внешние границы проектируемого цеха. Аналогично выполняем внутренние границы, учитывая, что они будут на 0,5 м меньше внешних - 595×355мм, как показано на рисунке 7.

Для того чтобы точно сделать отступ воспользуемся вспомогательными параллельными линиями, так же находящимся в колонке геометрия.

Вспомогательные прямые являются аналогом тонких линий, которые конструктор использует при работе на кульмане. Они применяются для предварительных и вспомогательных построений, облегчающих выполнение чертежа. Вспомогательные прямые не имеют конечной длины. Они могут быть проведены к любому геометрическому примитиву под углом, параллельно, касательно и т.д.

После того как необходимость во вспомогательных линиях отпадет, их удаляют все одновременно, командой **Редактор - Удалить - Вспомогательные кривые и точки - В текущем виде**. Эти линии никогда не выводятся на печать, даже если они не удалены.

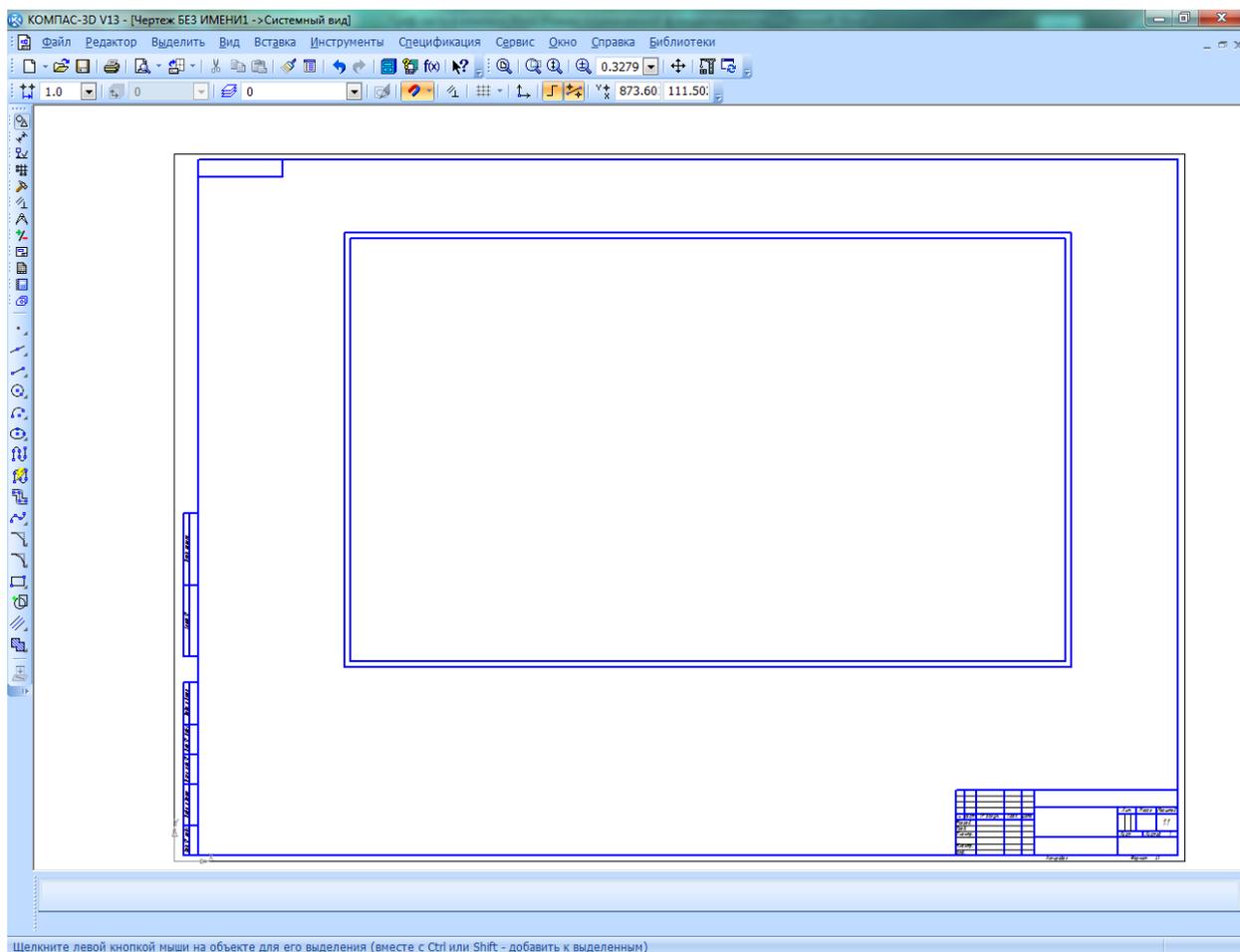


Рисунок 7 – Вид окна с нанесенными границами цеха

Например, выполним отступ от верхней и левой границы цеха:

1) выбираем команду **Параллельная прямая**, панели инструментов «Геометрия» как показано на рисунке 8;

2) укажем вспомогательную прямую для построения параллельной прямой, для чего подводим ловушку курсора к внешней границе цеха (линия выделится - окрасится в красный цвет) и щелкаем мышью для подтверждения выбора;

3) на панели свойств установите в поле «Расстояние» величину, равную 50 мм нажатием клавиши «Enter». На экране появятся две горизонтали по обе стороны от выбранной линии. Для удобства выбора установите переключатель «Количество прямых» в положение «Одна прямая». Щелкните мышью справа от указанной линии в любом месте рабочего поля.

После каждого задания координаты нужно нажимать Enter.

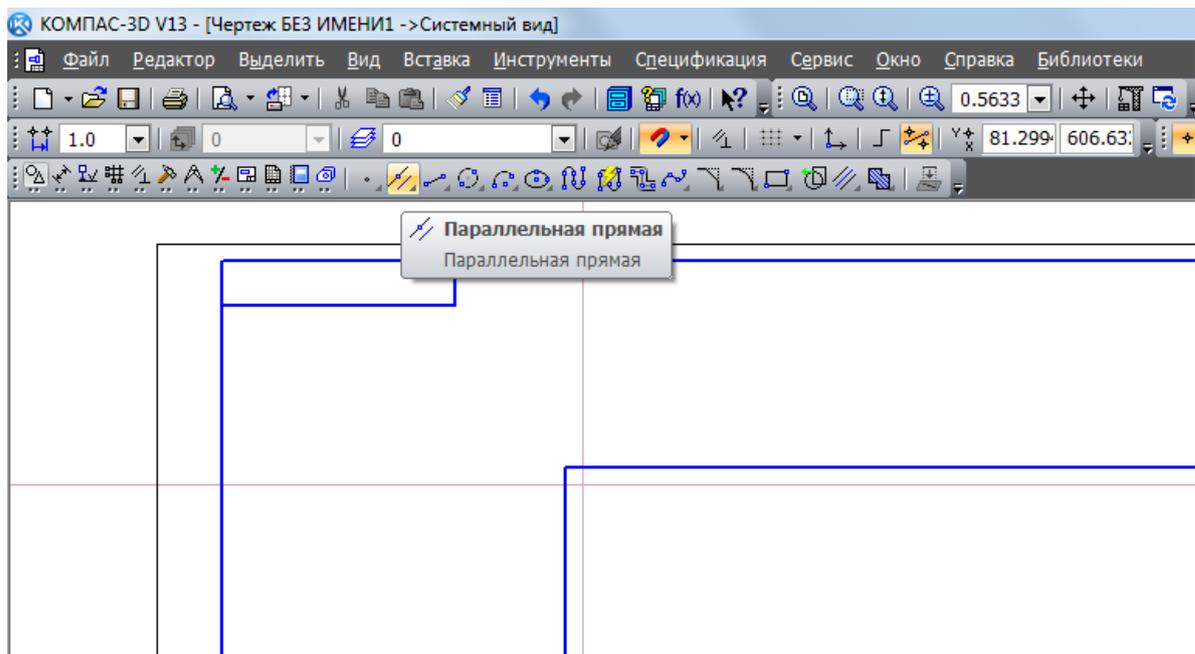


Рисунок 8 – Вид окна с нанесением вспомогательных прямых

Используя вспомогательные прямые, наносим внутренние стенки цеха, как показано на рисунке 9.

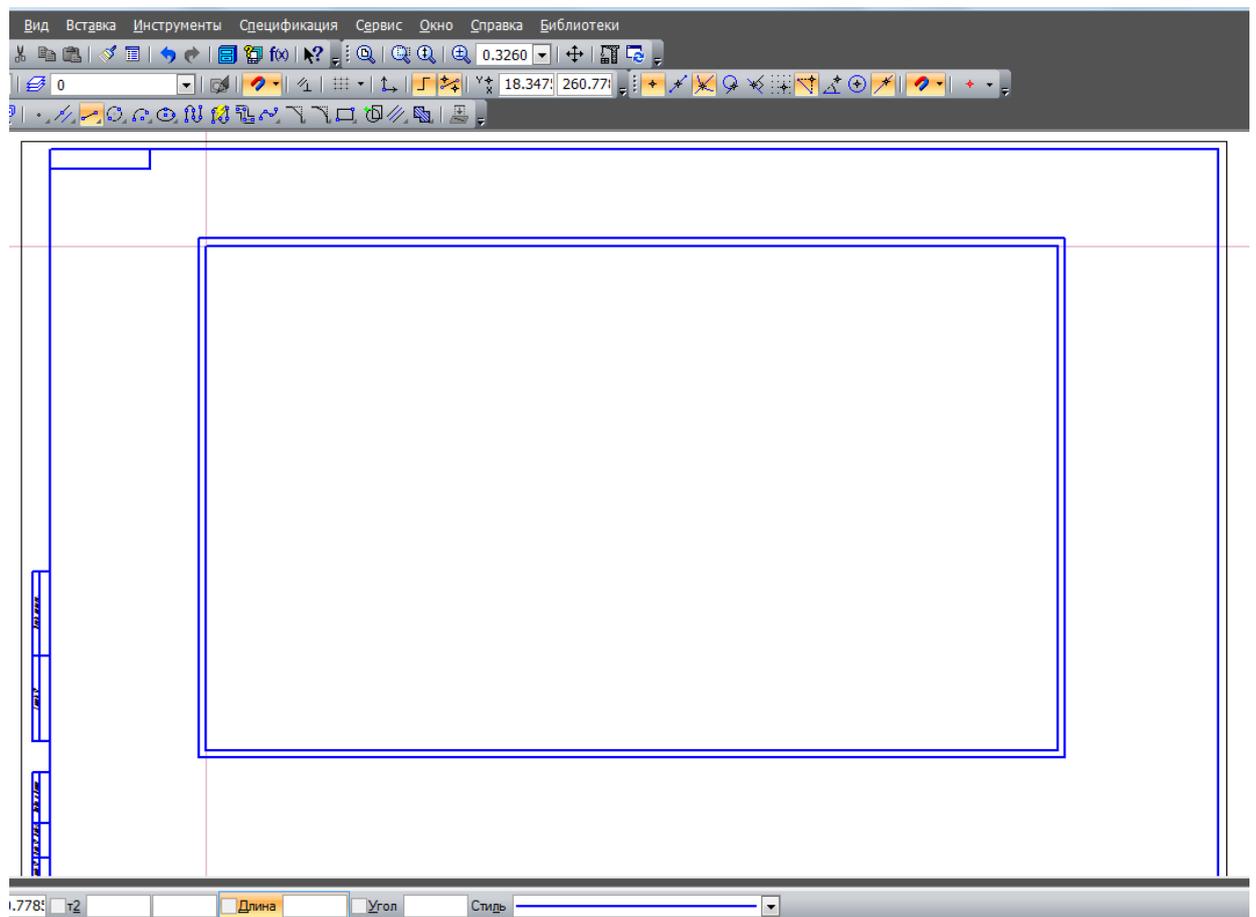


Рисунок 9 – Вид окна с нанесение внутренних границ цеха

Для создания эскиза будущих колонн в любом месте на экране вычерчиваем квадрат с размерами 0,5х0,5 м и с центровыми линиями (на чертеже они будут равны 10 мм), как показано на рисунке 10.

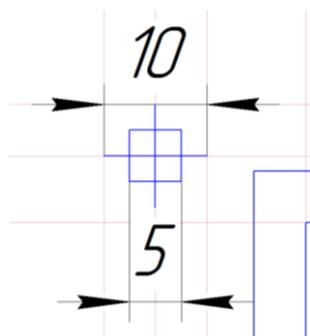


Рисунок 10 – Вид окна с эскизом будущей колонны

Далее выделяем колонну, затем нажимая правую кнопку мыши выберем команду **Копировать** и указываем место копирования левый правый угол цеха. Вставляем его в угол цеха, как показано на рисунке 11.

С помощью параллельной вспомогательной линии отступим в сторону и сделаем такой же эскиз колонны, воспользовавшись копированием.

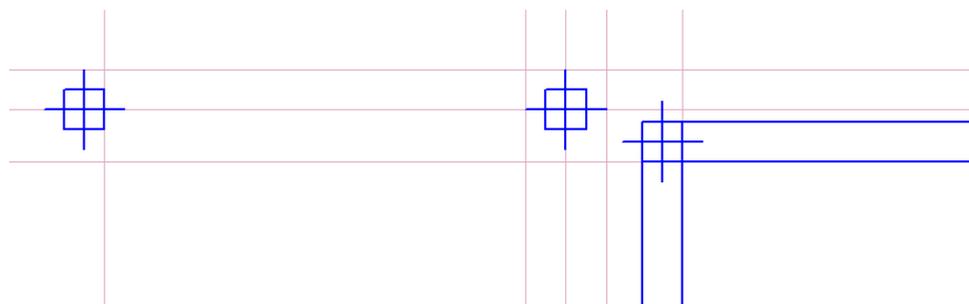


Рисунок 11 – Вид окна с колонной в левом углу цеха

Следующим шагом будет копирование колонны. При этом укажем верхний правый угол выделенной колонны, для того чтобы соблюсти расстояние между колоннами (шаг колонн). Продолжаем до тех пор, пока не заполним ряд, как показано на рисунке 12.

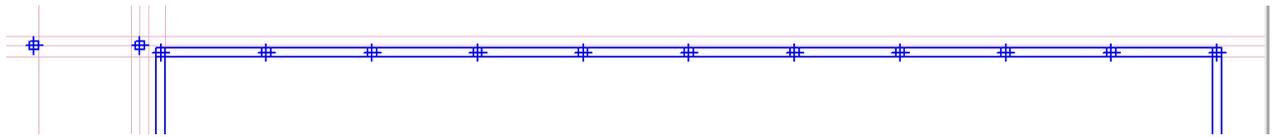


Рисунок 12 – Вид окна с колоннами в верхнем ряду

Аналогично выполним три ряда колонн, или копируя сразу весь ряд. Расстояние между рядами будет 12 м, т.е. от нижней стороны одной колонны до нижней стороны другой колонны будет 12 м., как показано на рисунке 13.

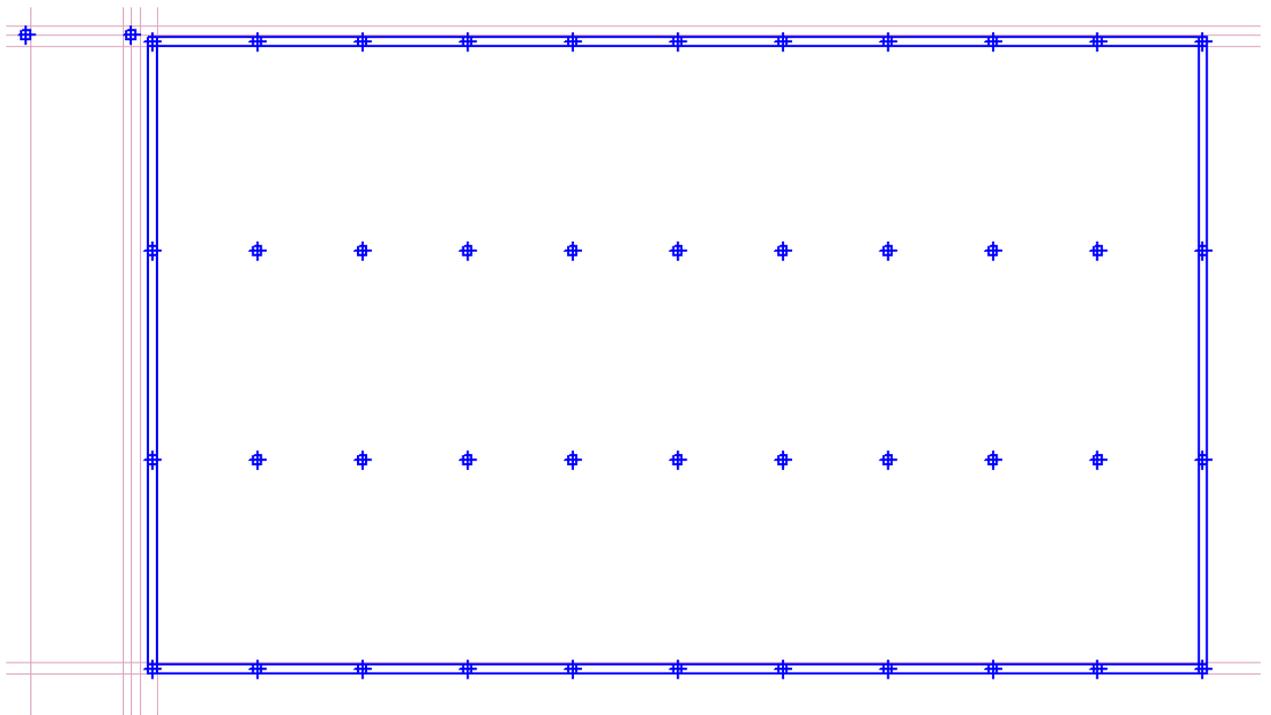


Рисунок 13 – Вид окна с тремя рядами колонн

Для того что бы сделать проход необходимо наметить место для дверей. Затем необходимо убрать лишние линии. Воспользуемся командой **Усечь кривую** в разделе «Редактирование». Команда позволяет удалять части кривой (прямой), ограниченной точками пересечения с другими объектами.

После вызова команды нужно указать курсором объект, подлежащий редактированию, затем участок, подлежащий удалению. В строке параметров команды «Усечение» находится кнопка-переключатель режима «Удалить/Оставить участок», в зависимости от положения которого указанный участок удаляется или остается. Границей удаления в первом случае будут ближайшие точки пересечения редак-

руемую участка кривой с другим объектом, а во втором случае - все точки пересечения редактируемой кривой с другими объектами, оставив только указанный участок, как показано на рисунке 14.

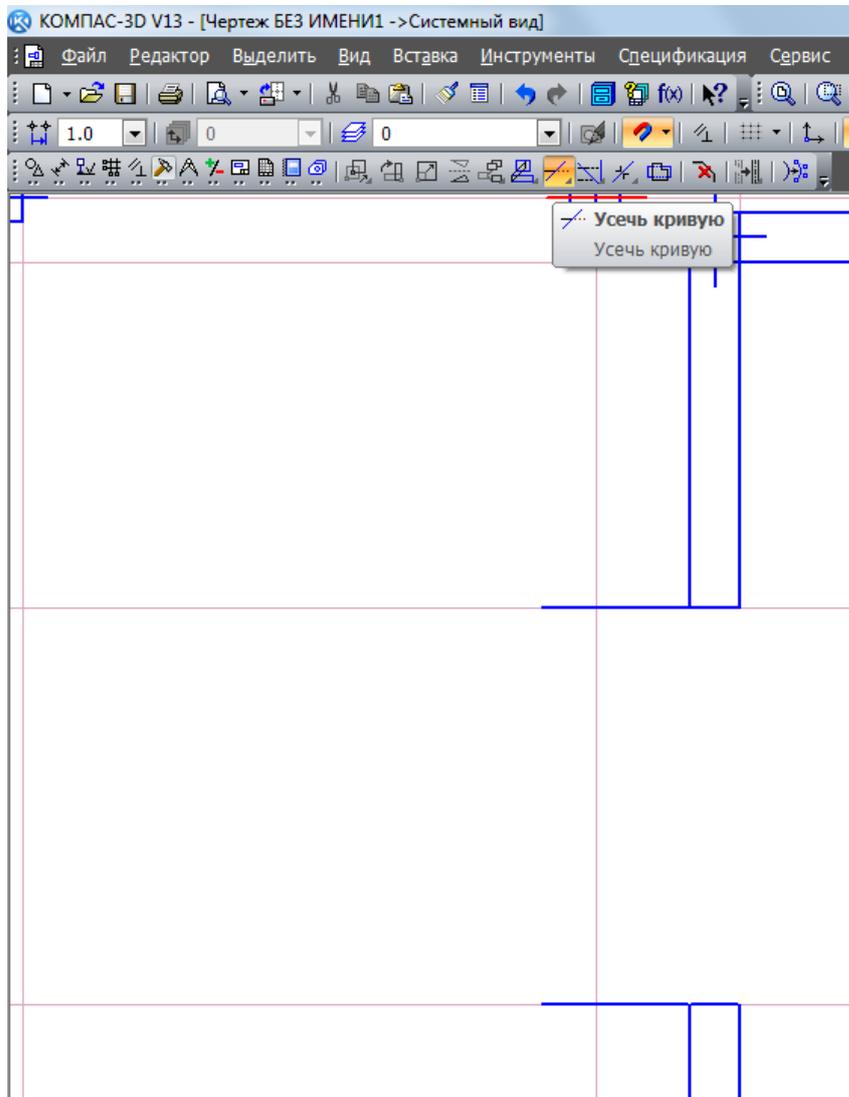


Рисунок 14 – Вид с выполненным проездом

Аналогичным способом выполним внутренние стены, перегородки и обозначим необходимые проемы, как показано на рисунке 15.

Все геометрические примитивы на чертеже изображаются линиями различного начертания и толщины. Каждый тип линии - стиль линии и область его применения описаны в [6].

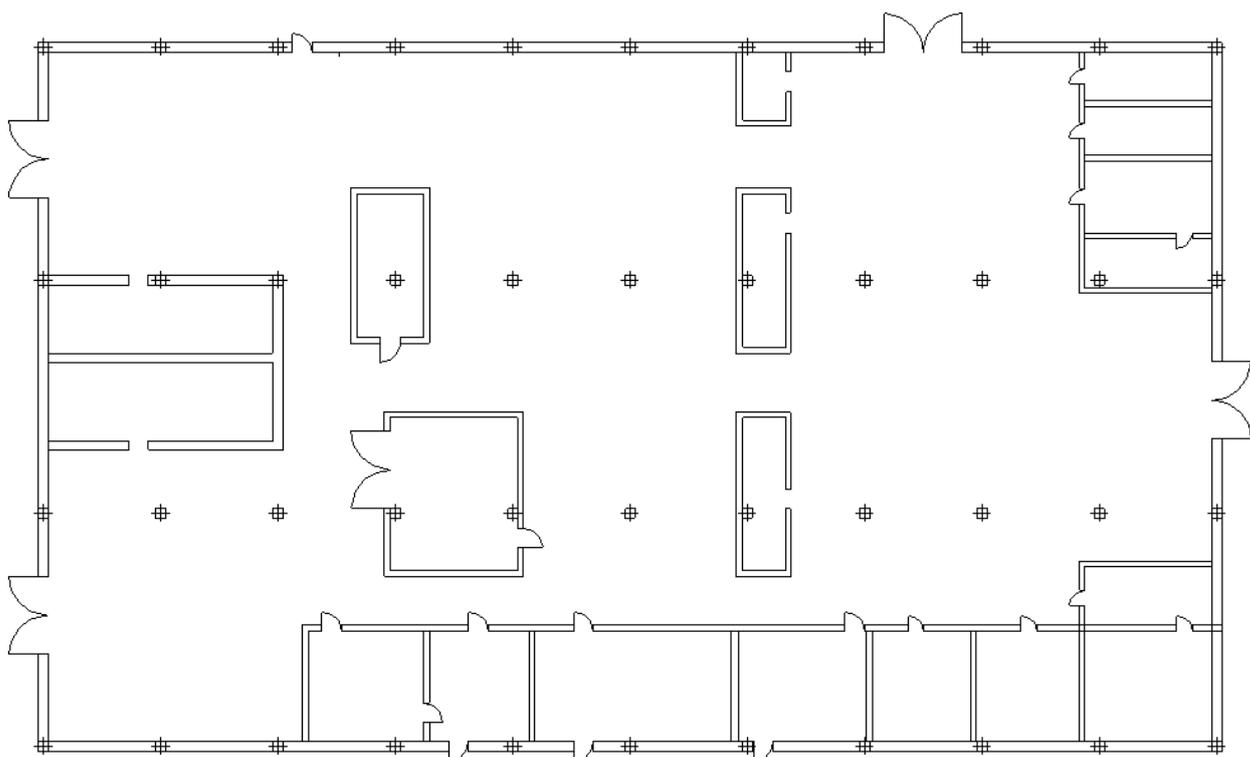


Рисунок 15 – Вид цеха с нанесенными внутренними стенами

В процессе выполнения изображений приходится изменять стили линий. Если требуется изменить стиль только одной линии, то нужно установить курсор на линию и дважды щелкнуть. Цвет линии изменится, по умолчанию станет малиновым.

Одновременно на панели свойств появится окно «Текущий стиль», в котором будет отображен присвоенный для этой линии стиль. Развернув окно с помощью кнопки, можно выбрать новый стиль редактируемой линии. После установки нового стиля необходимо подтвердить выбор нажатием кнопки **Создать объект** на панели специального управления.

Если меняется стиль сразу нескольких объектов, то предварительно каждый из них последовательно выделяется щелчком мыши по объекту при нажатой клавише [Shift]. Повторное нажатие на выделенный объект снимает его выделение. После окончания выделения объектов вызывается окно «Изменение стилей выделенных объектов» командой **Изменить стиль** из меню «Сервис» (либо из контекстного меню после щелчка правой клавишей мыши по одному из выделенных объектов).

1.3 Нанесение технологического оборудования

Для примера нанесем оборудование в заготовительном отделении. Для этого потребуются сведения о длине и ширине оборудования, которые содержатся в таблице «Исходные данные» задания.

С помощью команды **Вспомогательная параллельная** прямая отступим от стены 1,5 м, с учетом выбранного масштаба отступ будет равен 15 мм, вертикально и горизонтально показано на рисунке 16.

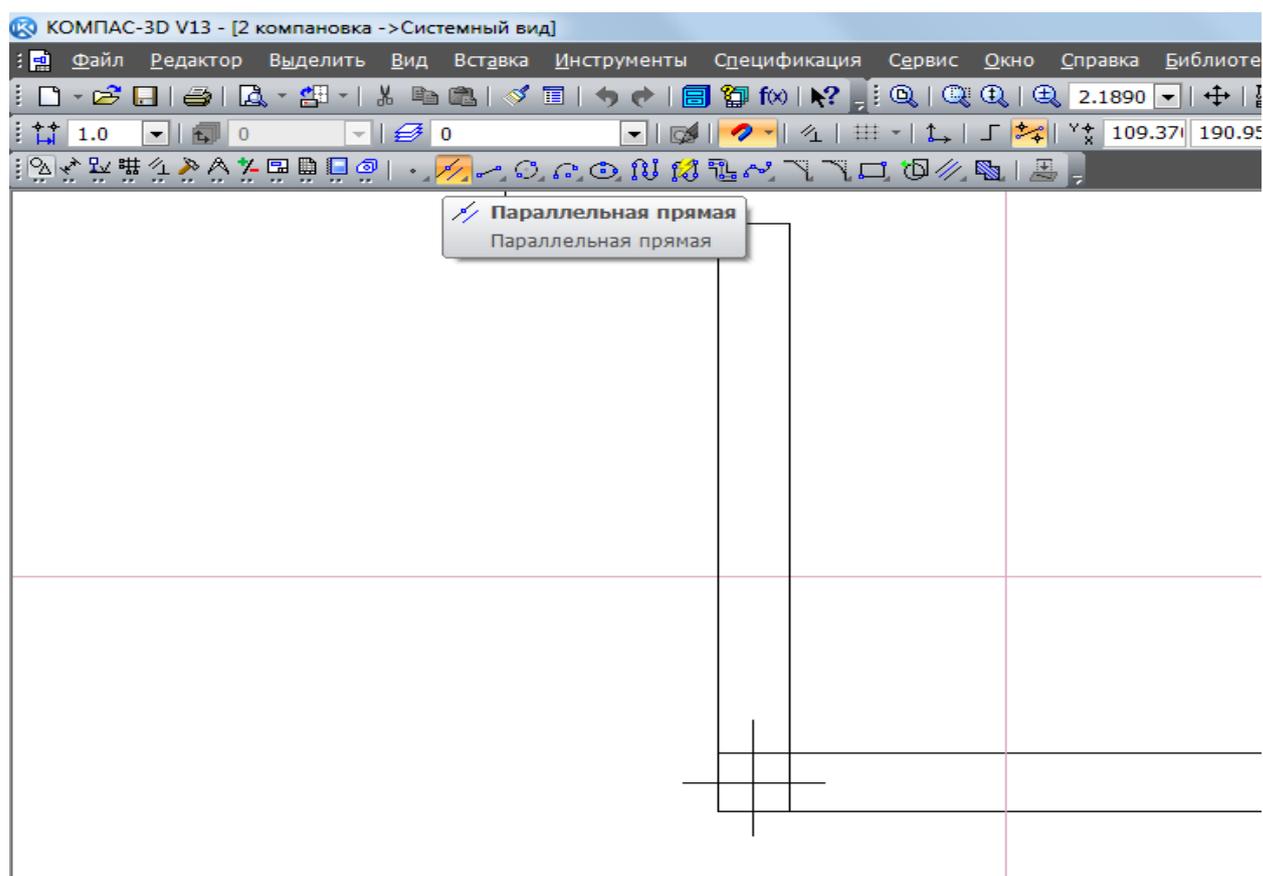


Рисунок 16 – Вид окна со вспомогательными параллельными прямыми

Пересечение вспомогательных прямых будет точкой нижнего левого края контура станка. Далее выберем на панели «Геометрия» команду **Прямоугольник** и начертим прямоугольник согласно размерам станка. Вид окна с нанесенным контуром станка, показан на рисунке 17.

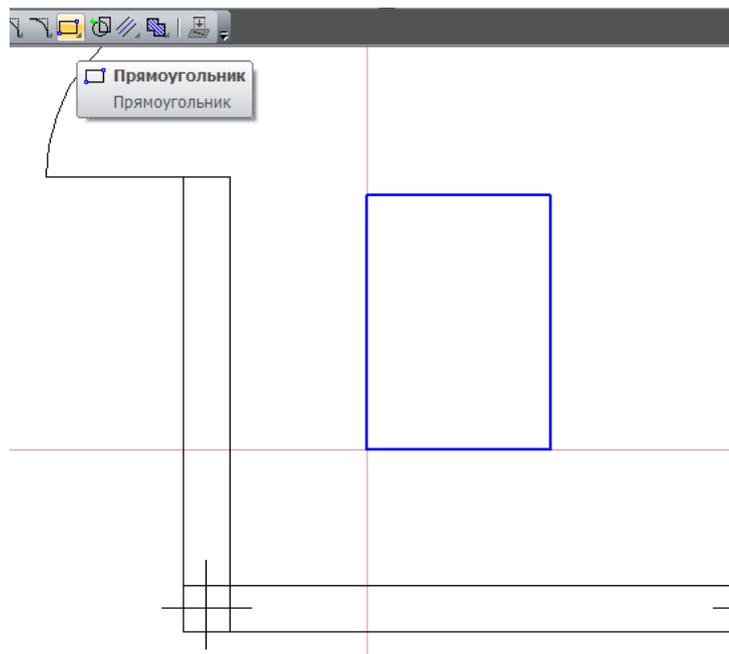


Рисунок 17 – Вид окна с контуром станка

С помощью команды **Параллельная вспомогательная прямая** в вертикальном положении отступим от станка 0,8 м – в масштабе 8 мм, как показано на рисунке 18.

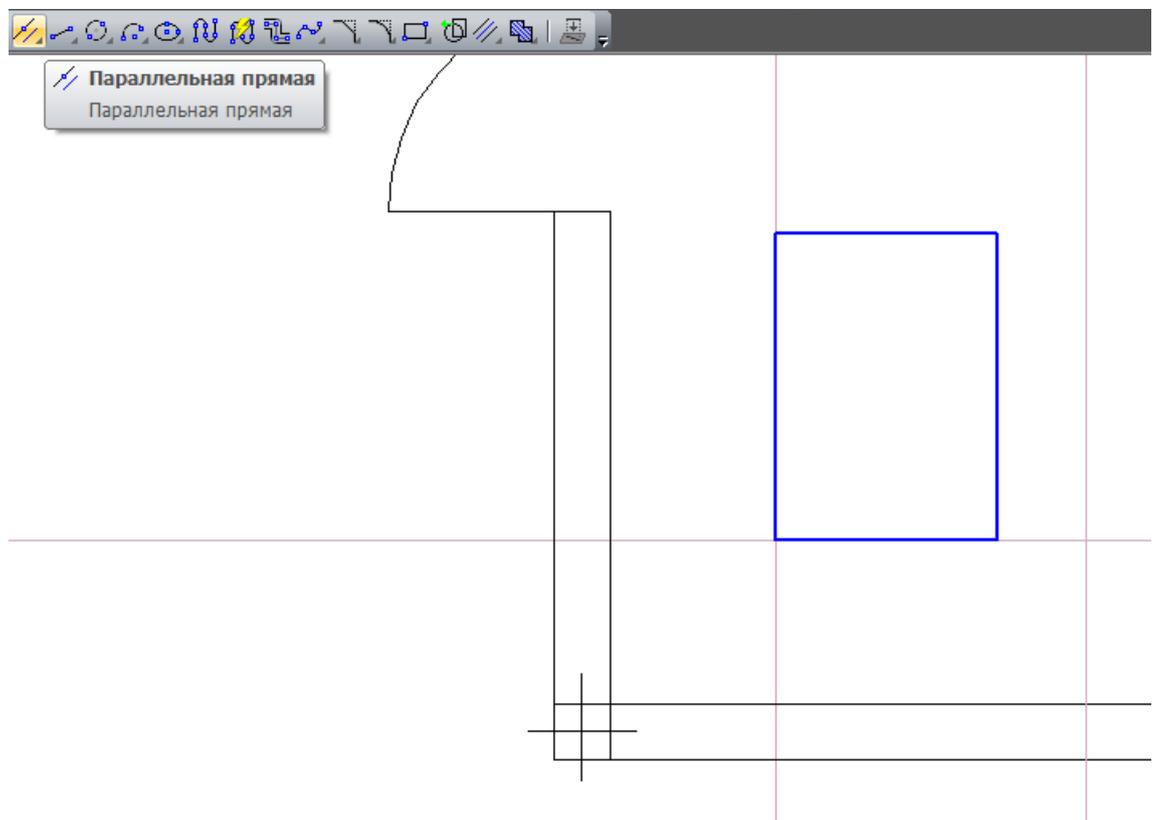


Рисунок 18 – Вид окна с вспомогательными параллельными прямыми

Т.к. по заданию данных станков два, то с помощью команды **Копировать** размножим прямоугольник, указав точку копирования в левом нижнем углу пересечения вспомогательных прямых, как показано на рисунке 19.

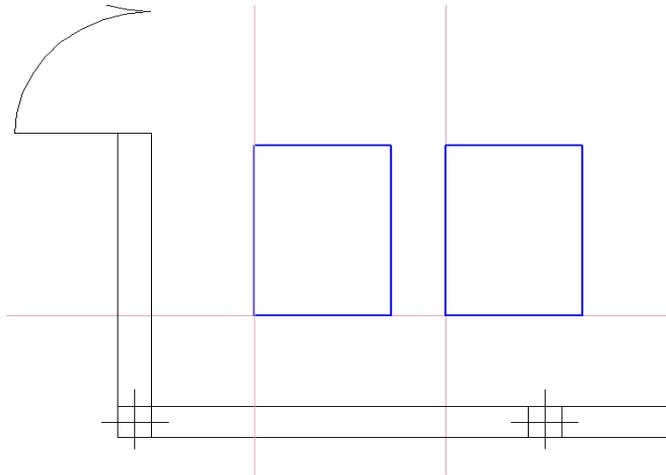


Рисунок 19 – Вид окна программы с нанесением оборудования

Учитывая расстояния между станками и придерживаясь выбранного взаимного расположения оборудования в группе, наносим контуры остальных станков.

Выбираем место и наносим контур силового шкафа СШ 1 размерами 10x5 мм в принятом масштабе, и намечаем трассы линий, питающих отдельные станки, с помощью команды **Линия** как показано на рисунке 20.

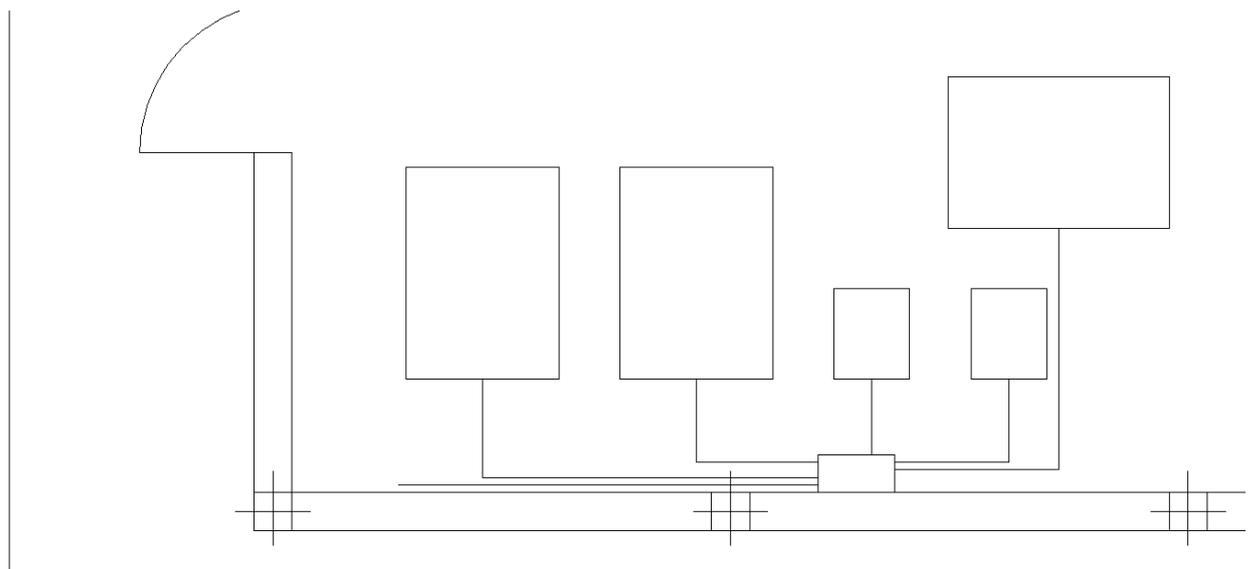


Рисунок 20 – Вид окна программы с нанесением питающих линий

Аналогично группируем другое оборудование, питаемое от шинпровода в этом же отделении.

В выбранном месте – между рядами станков, у колонн, располагаем шинпровод. Для этого наносим вспомогательные прямые, воспользуемся командой **Вспомогательная прямая**. Получаем примерный контур шинпровода, как показано на рисунке 21.

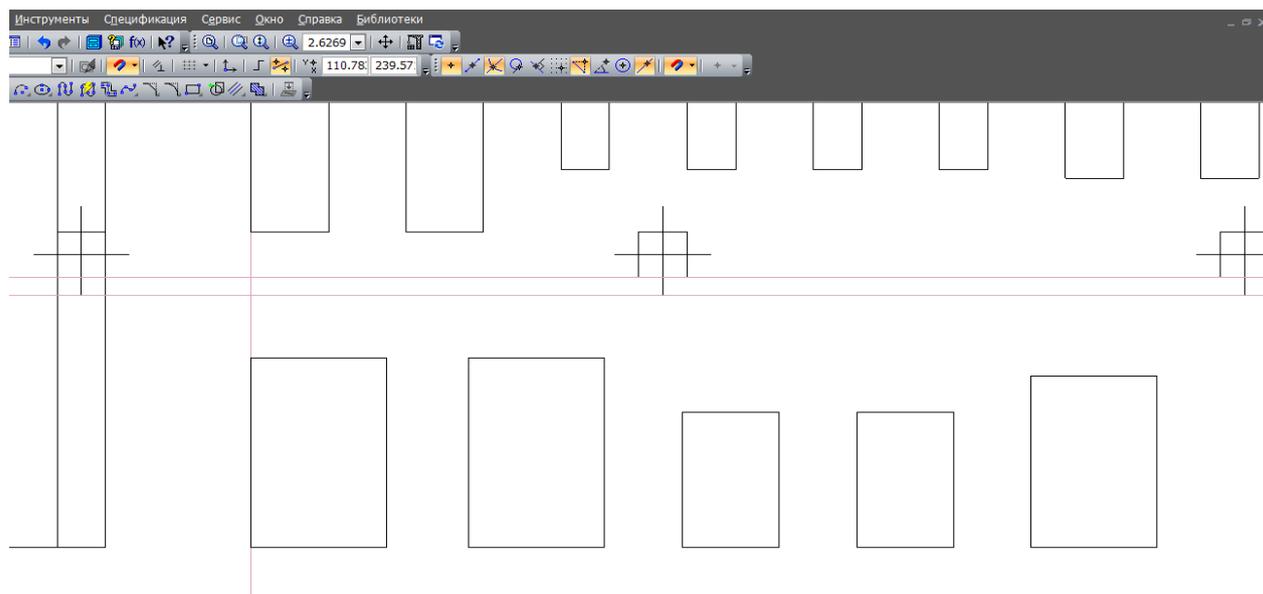


Рисунок 21 – Вид контура шинпровода

С помощью команды «Прямоугольник» изобразим шинпровод, как показано на рисунке 22.

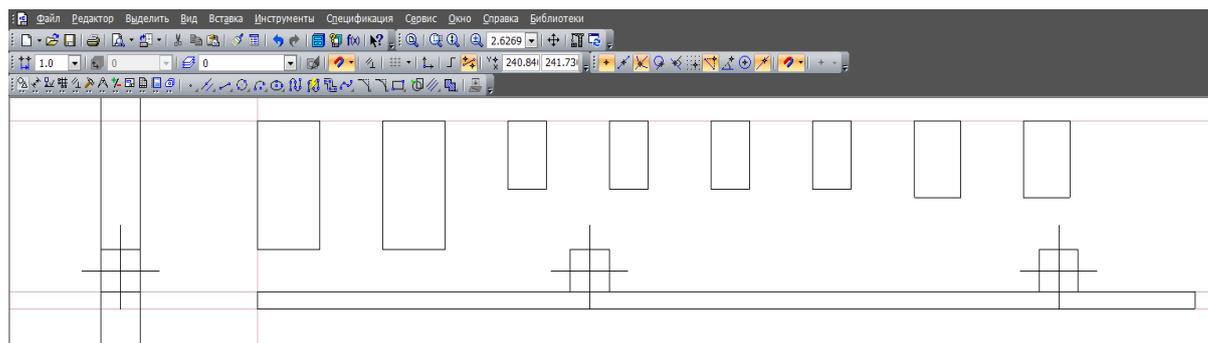


Рисунок 22 – Вид шинпровода

Далее аналогично с предыдущим примером соединим контуры станков с шинпроводом, учитывая, что присоединение к шинпроводу выполняется в окнах, расположенных с шагом 0,6 м как показано на рисунке 23.

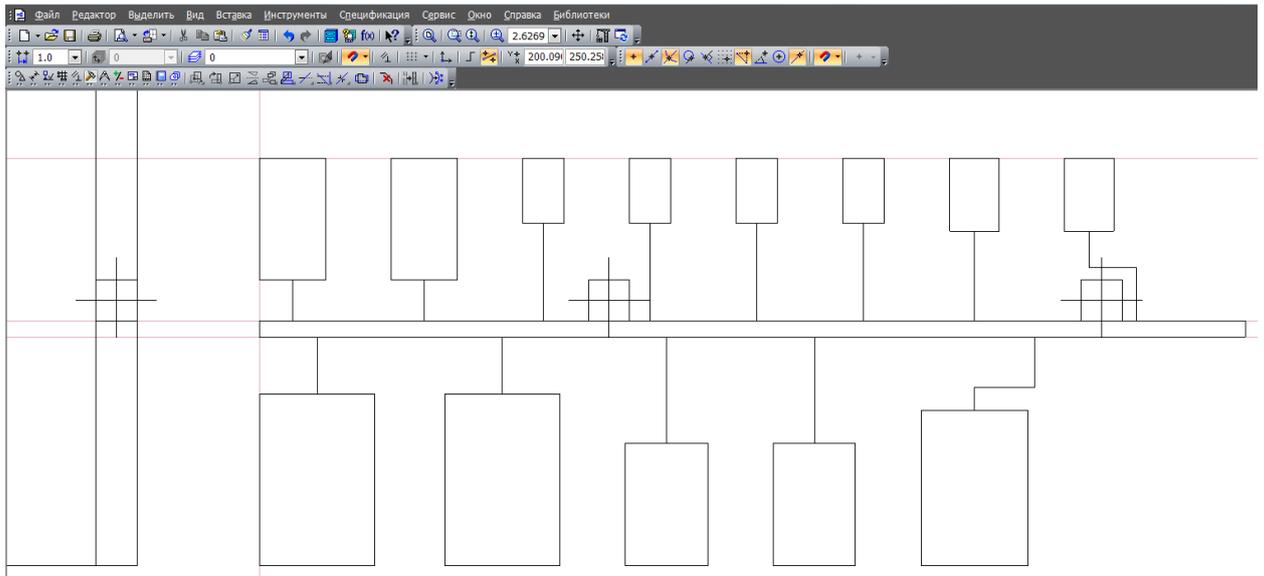


Рисунок 23 – Фрагмент соединения станков с шинопроводом

В одной коробке допускается выполнять до четырех присоединений. Присоединения к шинопроводу укажем окружностями, которые находятся на панели «Геометрия», как показано на рисунке 24.

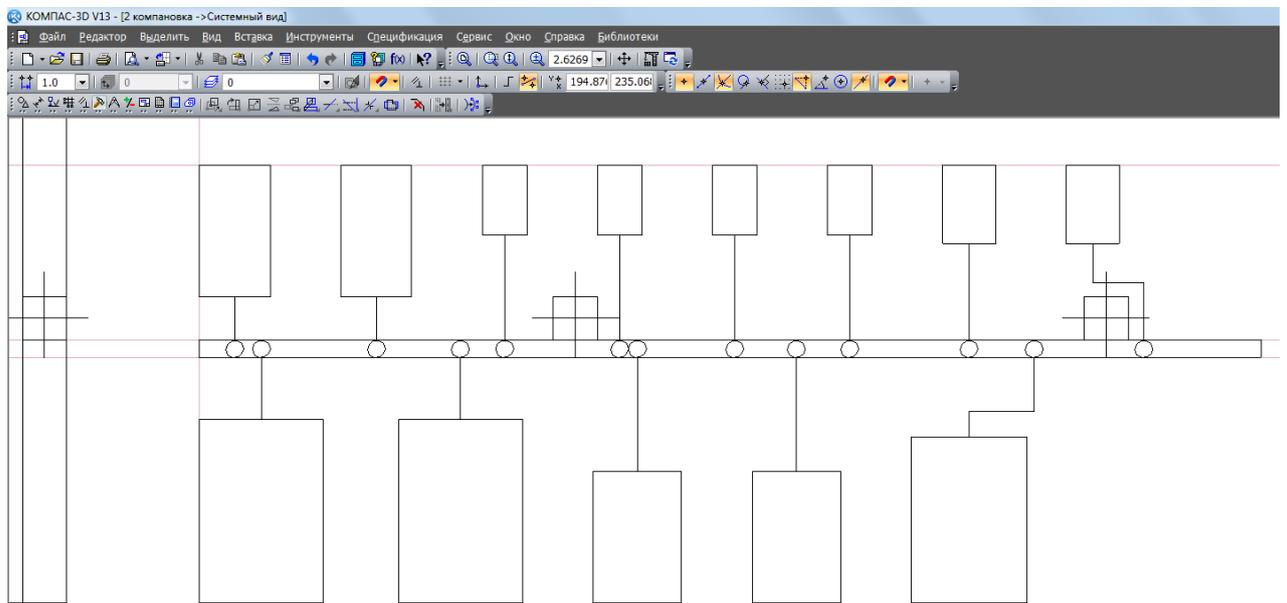


Рисунок 24 – Фрагмент обозначения мест присоединений питающих линий к шинопроводу

Используя команду **Заливка** из пункта меню «Инструменты», закрасим внутреннюю часть прямоугольника, обозначающего шинопровод черным цветом. Необходимо обратить внимание, что данная команда будет работать в том случае, если заливаемый контур выполнен основной линией (синего цвета), как показано на рисунке 25.

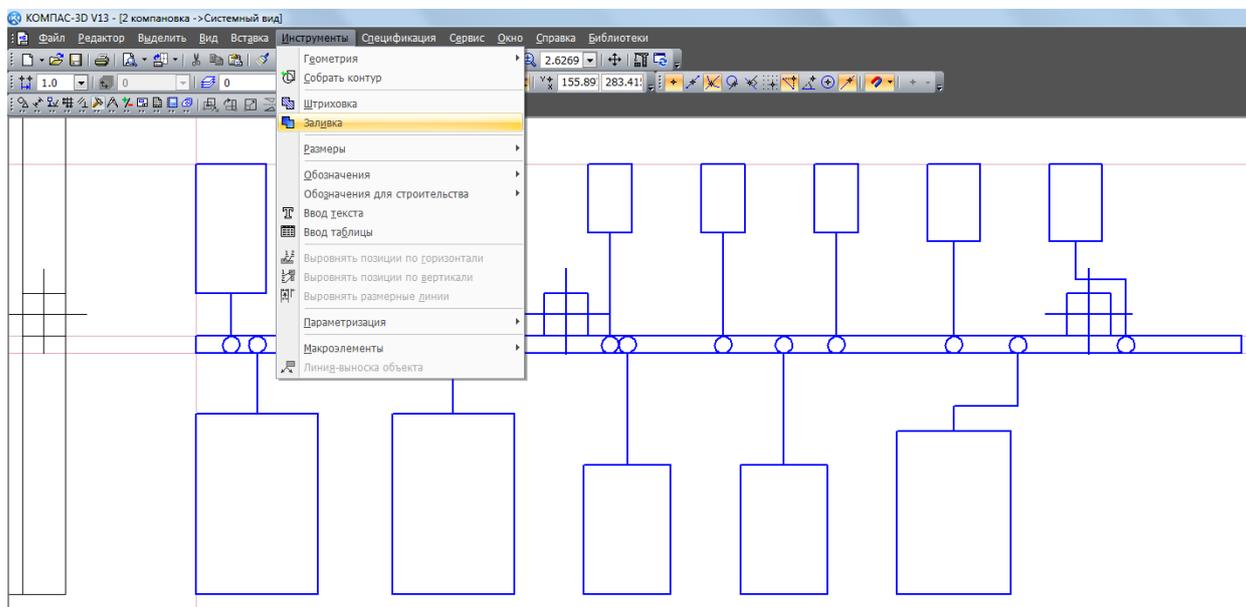


Рисунок 25 – Вид окна программы с выбранной командой «Заливка»

На рисунке 26 представлен вид, после выполнения команды «Заливка».

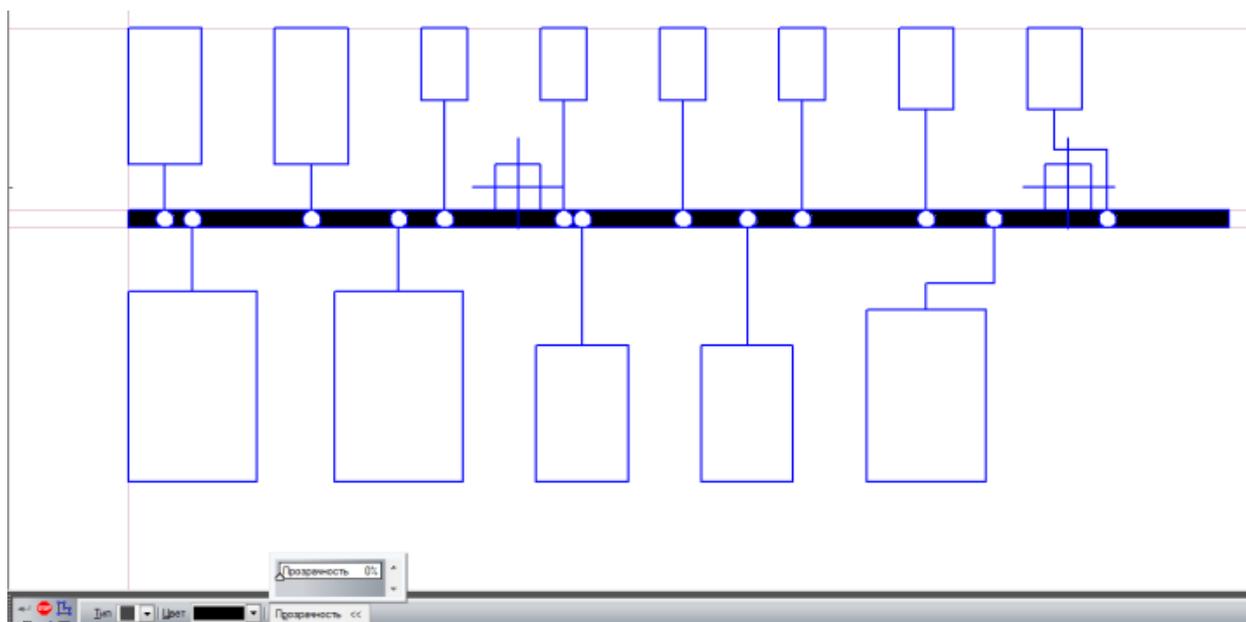


Рисунок 26 – Вид после выполнения команды «Заливка» для контура шинопровода

1.4 Нанесение обозначений на чертеже

В разделе «Обозначение» с помощью команды **Ввод текста**, показанной на рисунке 27, выполним нанесение надписей обозначения элементов компоновки: станков, шинопроводов и силовых шкафов, как показано на рисунке 28.

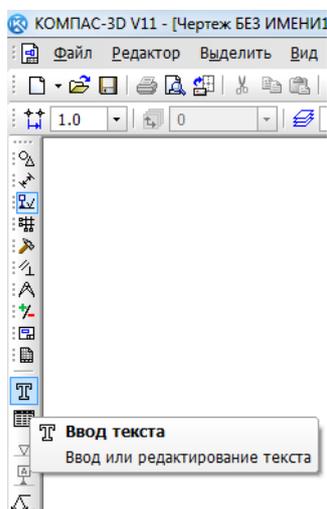


Рисунок 27 – Вид окна программы с командой Ввод текста

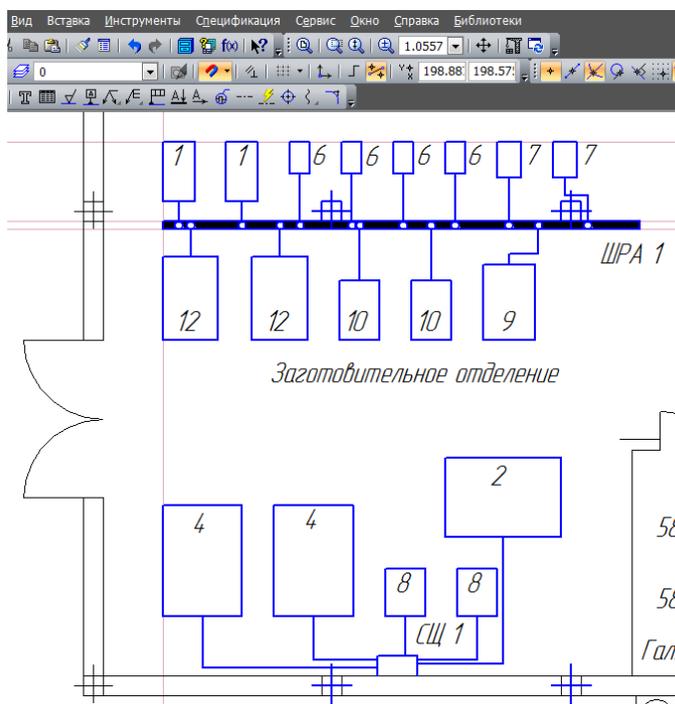


Рисунок 28 – Вид с нанесенными надписями

Аналогично выполняем компоновку других групп оборудования, как показано на рисунке 29.

2 Лабораторно – практическое задание № 2. Определение расчетной электрической нагрузки

Определение электрической нагрузки силовых электроприемников цеха промышленного предприятия выполняется согласно руководящим техническим материалам [3] и пособию к указаниям по расчету [4]. Рекомендуется выделить следующие части расчета нагрузки от силовых электроприемников:

- 1) расчет нагрузки от группы трехфазных электроприемников отделения;
- 2) расчет нагрузки от группы однофазных электроприемников отделения;
- 3) расчет нагрузки от группы электроприемников цеха.

2.1 Определение нагрузки группы трехфазных электроприемников

По согласованию с руководителем проекта выбирается отделение, содержащее группу трехфазных электроприемников, преимущественно присоединенных к шинопроводу. Фрагмент компоновки технологического оборудования заготовительного отделения приведен на рисунке 30.

Параметры электроприемников, входящих в группу, удобно представить в виде таблицы 2.

Таблица 2 – Параметры электроприемников шинопровода ШП-1

Номер на плане	Наименование оборудования	ПВ, %	P_n , кВт	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	$k_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	...							
	...							
	...							

Заполняя таблицу, вносим в соответствующий столбец:

- 1 - номер электроприемника на компоновке;
- 2 - название электроприемника в таблице исходных данных;
- 3 – величину продолжительности включения для подъемно-транспортных механизмов, ПВ выраженную в процентах;

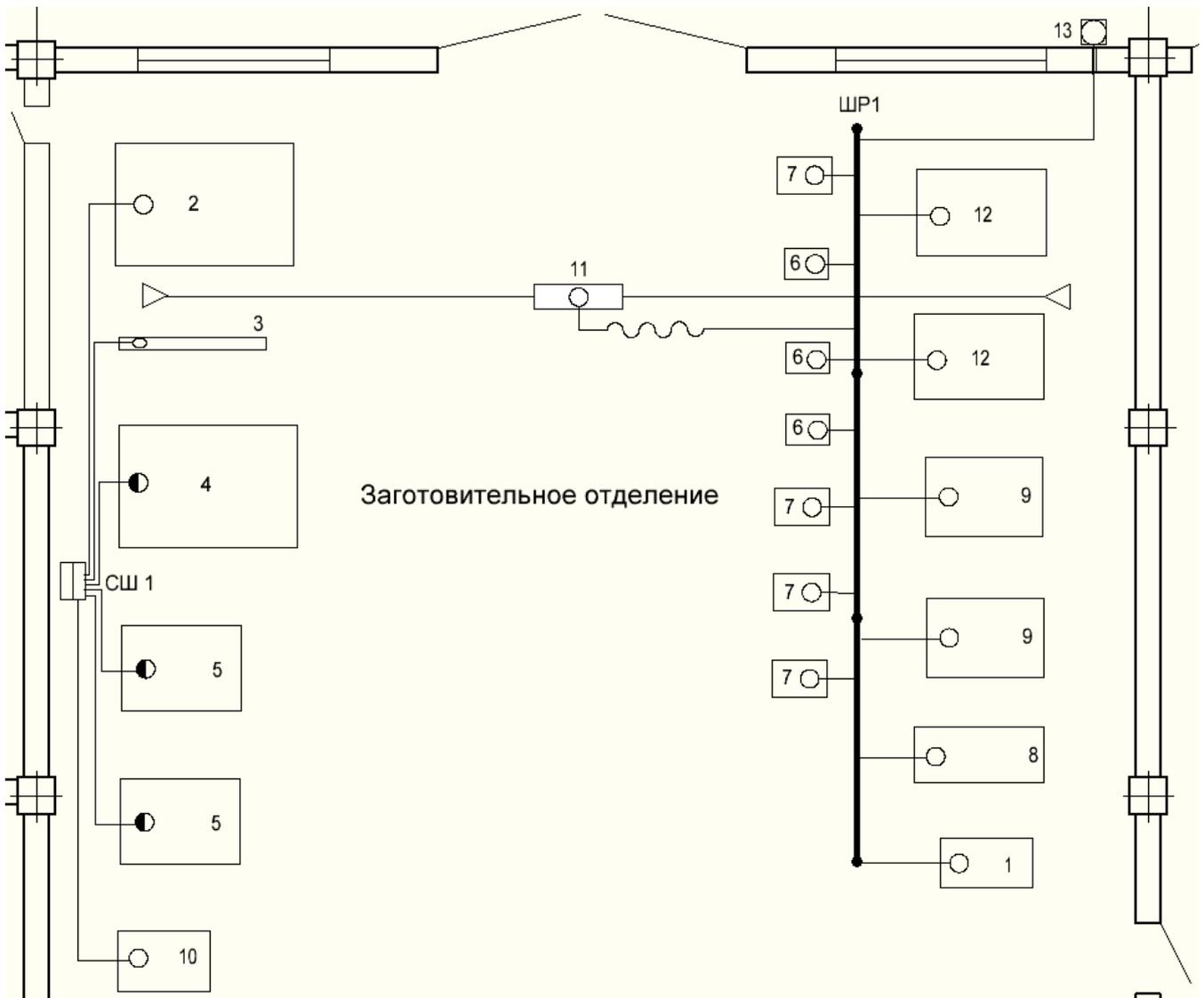


Рисунок 30 – Фрагмент компоновки технологического оборудования

4 - установленную мощность электроприемника;

5 - установленную мощность, в кВт, приведенную к ПВ = 100%, используя следующие формулы:

$$p_n = p_{нПКР} \cdot \sqrt{ПВ}, \quad (1)$$

где $p_{нПКР}$ - номинальная мощность в повторно-кратковременном режиме работы электроприемника, кВт;

ПВ – номинальная продолжительность включения.

$$p_n = s_{нПКР} \cdot \sqrt{ПВ} \cdot \cos\varphi, \quad (2)$$

где $s_{нПКР}$ - номинальная полная мощность в повторно-кратковременном режиме работы электроприемника, кВ·А;

ПВ – номинальная продолжительность включения %;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности электроприемника.

6 – количество электроприемников;

7 – величину $k_{и}$ принимаемую из справочных данных [7, 8] или таблицы А.1 приложения А;

8 – величину $\cos\varphi$ принимаемую из исходных данных;

9 – величину $\operatorname{tg}\varphi$ вычисляется исходя из значения $\cos\varphi$.

Расчет выполняется по форме Ф 636-92 [3].

1) В столбцы 1-3, 5 и 6 вносим исходные и справочные данные, подготовленные в таблице 7, мощность подъемно-транспортных механизмов вносится не приведенная к ПВ = 100%.

2) Определение суммарной мощности электроприемников в кВт, выполняется в итоговой строке столбца 4:

$$P_{н} = \Sigma(p_{hi} \cdot n_i), \quad (3)$$

где p_{hi} - номинальная мощность i -го электроприемника, кВт;

n_i - количество i -х электроприемников.

3) Определение среднесменной мощности отдельных электроприемников: активной, в кВт

$$p_{см} = p_{н} \cdot k_{и}, \quad (4)$$

где $p_{н}$ – номинальная мощность электроприемника кВт;

$k_{и}$ – коэффициент использования электроприемника; реактивной, в квар.

$$q_{см} = p_{см} \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (5)$$

где $p_{см}$ - сменная мощность электроприемника, кВт;

$\operatorname{tg}\varphi$ - коэффициент реактивной мощности.

4) Определение сменной мощности данной группы электроприемников: активной, в кВт

$$P_{см} = \Sigma(p_{смi} \cdot n_i), \quad (6)$$

где $p_{смi}$ – сменная мощность, электроприемника кВт;

n_i – количество i -х электроприемников, шт;

реактивной, в квар.

$$Q_{\text{см}} = \Sigma(q_{\text{см}i} \cdot n_i), \quad (7)$$

где $q_{\text{см}i}$ – сменная реактивная мощность, электроприемника квар;

n_i – количество i -х электроприемников, шт.

5) Определение группового коэффициента использования:

$$K_{\text{и}} = \frac{\Sigma P_{\text{см}}}{\Sigma P_{\text{н}}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{см}}$ – сменная мощность группы электроприемника кВт;

$P_{\text{н}}$ – установленная мощность группы электроприемника кВт.

6) Определение $\Sigma n \cdot p_{\text{н}}^2$.

7) Определение эффективного числа электроприемников:

$$n_{\text{э}} = \frac{(\Sigma P_{\text{н}})^2}{\Sigma n \cdot p_{\text{н}}^2} \quad (9)$$

где $(\Sigma P_{\text{н}})^2$ – квадрат суммы установленной мощности группы электроприемников кВт²;

$\Sigma n \cdot p_{\text{н}}^2$ – сумма квадратов установленной мощности отдельных электроприемников группы кВт².

Принимаем меньшее целое значение $n_{\text{э}}$.

8) Используя [3] или таблицу А2 приложения А, находим значение коэффициента расчетной нагрузки - $K_{\text{р}}$, в зависимости от $K_{\text{и}}$ и $n_{\text{э}}$.

9) Определение расчетной активной нагрузки группы электроприемников, в кВт,

$$P_{\text{р}} = P_{\text{см}} \cdot K_{\text{р}}, \quad (10)$$

где $P_{\text{см}}$ – сменная активная мощность группы электроприемников кВт;

$K_{\text{р}}$ – коэффициент расчетной нагрузки.

Если расчетная мощность окажется меньше номинальной мощности наиболее мощного ЭП, следует принять $P_{\text{р}} = p_{\text{н max}}$.

10) Определение расчетной реактивной нагрузки в квар, группы электроприемников при $n_{\text{э}} \leq 10$

$$Q_{\text{р}} = 1,1 \cdot Q_{\text{см}}, \quad (11)$$

при $n_3 > 10$

$$Q_p = Q_{см}, \quad (12)$$

где $Q_{см}$ – сменная реактивная мощность группы электроприемников квар.

11) Определение полной расчетной мощности в кВ·А:

$$S_p = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2}. \quad (13)$$

12) Определение расчетного тока, в А:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (14)$$

где U_H – номинальное напряжение ступени распределения.

2.2 Пример оформления расчета нагрузки трехфазных электроприемников

Определим нагрузку группы электроприемников, присоединенных к распределительному шинопроводу ШР-1 заготовительного отделения. Параметры электроприемников, входящих в группу, приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Параметры электроприемников шинопровода ШР-1

№ на плане	Наименование оборудования	ПВ, %	P_H , кВт	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	$k_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Отрезной станок с ножев. пилой	-	1,7	1,7	1	0,14	0,62	1,27
6	Настольно-сверлильный станок	-	0,6	0,6	3	0,14	0,79	0,78
7	Обдирочно-шлифовальный станок	-	2,8	2,8	4	0,14	0,84	0,65
8	Вальцовка трехвальная	-	2,5	2,5	1	0,14	0,84	0,65
9	Трубогибочный станок	-	7	7	2	0,14	0,86	0,59
11	Кран-балка	25	7	3,5	1	0,06	0,86	0,59
12	Зигмашина	-	1,7	1,7	2	0,14	0,82	0,7
13	Вентилятор	-	7	7	1	0,65	0,86	0,59

Кран-балка с электродвигателем номинальной мощностью 7 кВт работает в ПКР с ПВ = 25%, тогда, ее мощность, приведенная к ПВ = 100%,

$$P_{нПКР} = P_{н(ПВ)} \cdot \sqrt{ПВ} = 7 \cdot \sqrt{0,25} = 3,5 \text{ кВт.}$$

Значение коэффициента использования принимается согласно [7] или используя данные таблицы А1, приложения А. Например, станки рассматриваемой группы однодвигательные и могут быть классифицированы как металлорежущие станки при мелкосерийном производстве для которых устанавливается $k_{и} = 0,12 - 0,16$, а для кран-балки, работающей в ПКР = 25% $k_{и} = 0,06$;

Расчет выполняется по форме Ф 636-92 согласно [3], приведена в таблице 8:

1) в столбцы 1-3, 5 и 6 вносим исходные и справочные данные, подготовленные в таблице 1, мощность подъемно-транспортных механизмов вносится не приведенная к ПВ = 100% согласно [4].

2) определение среднесменной мощности отдельных электроприемников для отрезного станка с ножовочной пилой:

активной,

$$p_{см} = p_{н} \cdot k_{и} = 1,7 \cdot 0,14 = 0,238 \text{ кВт};$$

реактивной,

$$q_{см} = p_{см} \cdot tg\varphi = 0,238 \cdot 1,27 = 0,302 \text{ квар};$$

Для остальных электроприемников расчет аналогичен.

3) определение суммарной мощности электроприемников, выполняется в итоговой строке столбца 4:

$$P_{н} = \Sigma(p_{ни} \cdot n_i) = 1,7 \cdot 1 + 0,6 \cdot 3 + 2,8 \cdot 4 + 2,5 \cdot 1 + 7 \cdot 2 + 7 \cdot 1 + 1,7 \cdot 2 + 7 \cdot 1 = 48,6 \text{ кВт};$$

4) определение сменной мощности данной группы электроприемников:

активной,

$$P_{см} = \Sigma(p_{смi} \cdot n_i) = 0,238 \cdot 1 + 0,252 \cdot 3 + 1,568 \cdot 4 + 0,35 \cdot 1 + 1,96 \cdot 2 + 0,42 \cdot 1 + 0,476 \cdot 2 + 4,550 \cdot 1 = 9,814 \text{ кВт};$$

реактивной,

$$Q_{см} = \Sigma(q_{смi} \cdot n_i) = 0,302 \cdot 1 + 0,197 \cdot 3 + 1,019 \cdot 4 + 0,228 \cdot 1 + 1,156 \cdot 2 + 0,249 \cdot 1 + 0,333 \cdot 2 + 2,685 \cdot 1 = 6,18 \text{ квар};$$

5) определение группового коэффициента использования

$$K_{и} = \frac{\Sigma P_{см}}{\Sigma P_{н}} = \frac{9,814}{48,6} = 0,202;$$

б) определение $\sum n \cdot p_H^2$

$$\sum n \cdot p_H^2 = 1 \cdot 1,7^2 + 3 \cdot 0,6^2 + 4 \cdot 2,8^2 + 1 \cdot 2,5^2 + 2 \cdot 7^2 + 1 \cdot 7^2 + 2 \cdot 1,7^2 + 1 \cdot 7^2 = 243,36 \text{ кВт}^2;$$

7) определение эффективного числа электроприемников:

$$n_э = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum n \cdot p_H^2} = \frac{48,6^2}{243,36} = 9,7;$$

принимаем меньшее целое значение $n_э = 9$;

8) определение коэффициента расчетной нагрузки согласно [3] или по таблице А2 приложения А, в зависимости от K_H и $n_э$: Для $K_H = 0,202$ и $n_э = 9$, $K_p = 1,43$

9) определение расчетной активной мощности группы электроприемников,

$$P_p = P_{см} \cdot K_p = 9,814 \cdot 1,43 = 14,034 \text{ кВт};$$

10) определение расчетной реактивной мощности в квар, группы электроприемников при $n_э = 9$,

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot 6,18 = 6,798 \text{ квар};$$

11) определение полной расчетной мощности,

$$S_p = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2} = \sqrt{14,034^2 + 6,798^2} = 15,594 \text{ кВ} \cdot \text{А};$$

12) определение расчетного тока,

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{15,594}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 23,692 \text{ А}.$$

Определение нагрузки трехфазных электроприемников ШР-1 и остальных групп рассматриваемого отделения выполнено в таблице 4.

Определение нагрузки остальных групп электроприемников выполняется только в таблицах Excel и приводится в виде распечатки непосредственно из табличного процессора Excel.

2.3 Пример расчета трехфазных нагрузок средствами таблицы Excel

В ячейки таблицы согласно адресу вводятся следующие данные или формулы:

1) заполняется шапка таблицы согласно Ф636-92, приведенной в таблице 4, начиная с ячейки А2;

2) в столбцы 1 – 3 и 5, 6 вносятся соответствующие данные таблицы 2;

3) в ячейки столбца 4,

$$=B8 * C8; \quad (15)$$

и копируется в нижележащие ячейки до строки «Итого»;

4) в правые ячейки столбца 6 «tgφ»,

$$=TAN(ACOS(F8)); \quad (16)$$

5) в столбец 7,

$$=E8*D8; \quad (17)$$

6) в столбец 8,

$$=H8*G8; \quad (18)$$

7) в столбец 9

$$=B8*C8^2; \quad (19)$$

8) диапазон G8:J8 копируется в нижележащие ячейки до строки «Итого»;

9) в строке «Итого» столбцов 2, 4, 7-9 вычисляется сумма вышележащих ячеек с данными электроприемников, относящихся к данной группе, а в столбце 5 значение группового коэффициента использования $K_{и}$,

$$=\{\text{адрес итоговой ячейки столбца 7}\}/\{\text{адрес итоговой ячейки столбца 4}\}; \quad (20)$$

10) в столбец 10 – итоговой строкой

$$=\text{ЦЕЛОЕ}(D13^2/J13); \quad (21)$$

11) в столбец 11 итоговой строкой вносится значение K_p , определенного согласно [3] или по таблице 9;

12) в столбец 12

$$=L8*N13; \quad (22)$$

13) в столбец 13

$$=\text{ЕСЛИ}(K8>10;I13;I13*1,1); \quad (23)$$

14) в столбец 14

$$=\text{КОРЕНЬ}(M13^2+N13^2); \quad (24)$$

15) в столбец 15

$$=O13/(\text{КОРЕНЬ}(3)*0,38). \quad (25)$$

Формулы Excel для расчета других групп электроприемников, записываются аналогично.

Таблица 4 - Определение нагрузки трехфазных электроприемников

Исходные данные				Расчетные величины						К _р	Расчетная мощность			Ток	
По заданию			Справочные данные			K _и ·P _н	P _{см} ·tgφ	n·P _н ²	n _э =(∑P _н) ² /∑n*P _н ²		P _р , кВт	Q _р , квар	S _р , кВА	I _р , А	
Наименование ЭП	n	P _н , кВт		k _и	cosφ						tgφ	P _р = P _{см} ·P _н	при n _э ≤10 Q _р =1,1·Q _{см} иначе Q _р =Q _{см}	S _р = √(P _р ² + Q _р ²)	I _р = $\frac{S_p}{\sqrt{3}U_H}$
		p _н	np _н												
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
Силовой шкаф СШ-1															
2	1	7	7	0,22	0,86	0,59	1,54	0,914	49	5	1,72				
3	1	14	14	0,14	0,88	0,54	1,96	1,058	196						
4	1	15,7	15,7	0,14	0,88	0,54	2,198	1,186	246,49						
10	1	4,5	4,5	0,22	0,85	0,62	0,99	0,614	20,25						
5	2	10	20	0,22	0,88	0,54	4,4	2,375	200						
ИТОГО	6		61,2	0,181			11,088	6,146	711,74			19,071	6,761	20,234	30,743
Шинопровод ШР-1															
1	1	1,7	1,7	0,14	0,62	1,27	0,238	0,302	2,89	9	1,43				
6	3	0,6	1,8	0,14	0,79	0,78	0,252	0,197	1,08						
7	4	2,8	11,2	0,14	0,84	0,65	1,568	1,019	31,36						
8	1	2,5	2,5	0,14	0,84	0,65	0,35	0,228	6,25						
9	2	7	14	0,14	0,86	0,59	1,96	1,156	98,00						
11	1	7	7	0,06	0,86	0,59	0,42	0,249	49,00						
12	2	1,7	3,4	0,14	0,82	0,7	0,476	0,333	5,78						
13	1	7	7	0,65	0,86	0,59	4,550	2,685	49,00						
ИТОГО	15		48,6	0,202			9,814	6,180	243,36			14,034	6,798	15,594	23,692

2.4 Определение нагрузки группы однофазных электроприемников

Выбирается группа однофазных электроприемников, количеством не менее трех единиц, включенных на линейное напряжение. В эту группу могут входить однофазные электроприемники, включенные на фазное напряжение и трехфазные электроприемники в любом количестве.

Параметры электроприемников выбранного отделения входящих в группу приведем в виде, показанном в таблице 5.

Таблица 5 – Параметры однофазных электроприемников

Номер на плане	Наименование оборудования	P_n , кВт	S_n , кВА	ПВ, %	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	k_n	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	...								
	...								

Заполняя таблицу, вносим в соответствующий столбец:

- 1 - номер электроприемника на компоновке;
- 2 - название электроприемника в таблице исходных данных;
- 3 - если указана - активную установленную мощность электроприемника;
- 4 - если указана - полную установленную мощность электроприемника;
- 5 - величину продолжительности включения для электроприемников, работающих в ПКР;
- 6 - если электроприемник работает в ПКР следует указать мощность, приведя ее к $PВ = 100\%$ используя формулы (1) и (2),
- 7 - количество электроприемников;
- 8 - величину k_n принимаемую из справочных данных [7, 8] или из таблицы А.1 приложения А;
- 9 - величину $\cos\varphi$ принимаемую из исходных данных;
- 10 - величину $\operatorname{tg}\varphi$ (вычисляется исходя из значения $\cos\varphi$).

Расчет удобно выполнять в виде, показанном в таблице 6, согласно следующему алгоритму:

Таблица 6 - Определение нагрузки однофазных электроприемников

Узлы питания групп ЭП	P_H , приведенная к ПВ=100%	Число ЭП	ΣP_H , (кВт)	P_H , включенных на U_L , кВт			Коэффициент приведения к фазам			P_H , включенных на U_ϕ , кВт			Ки	cosφ	tgφ	Средние нагрузки											
				ab	bc	ca	a	b	c	a	b	c				Активные, P _{см}			Реактивные, Q _{см}								
																a	b	c	a	b	c						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21							
Наименование узла																											
ЭП1	p_H	n	$n \cdot p_H$	p_H			$P_{(ab)a}$	$P_{(ab)b}$							$p_H \times P_{(ab)a} \cdot k_{и}$	$p_H \times P_{(ab)b} \cdot k_{и}$		$P_H \cdot Q_{(ab)a}$	$P_H \cdot Q_{(ab)b}$								
							$Q_{(ab)a}$	$Q_{(ab)b}$																			
							p_H			$P_{(bc)b}$	$P_{(bc)c}$										$p_H \times P_{(bc)b} \cdot k_{и}$	$p_H \times P_{(bc)c} \cdot k_{и}$		$P_H \cdot Q_{(bc)b}$	$P_H \cdot Q_{(bc)c}$		
										$Q_{(bc)b}$	$Q_{(bc)c}$																
							p_H			$P_{(ac)a}$	$P_{(ac)c}$											$p_H \times P_{(ac)a} \cdot k_{и}$	$p_H \times P_{(ac)c} \cdot k_{и}$		$P_H \cdot Q_{(ac)a}$		$P_H \cdot Q_{(ac)c}$
										$Q_{(ac)a}$	$Q_{(ac)c}$																
ЭП2	p_H	n	$n \cdot p_H$							p_{a0}	p_{b0}	p_{c0}						$p_{(a0)} \times P_{(a0)} \cdot k_{и}$	$p_{(b0)} \times P_{(b0)} \cdot k_{и}$	$p_{(c0)} \times P_{(c0)} \cdot k_{и}$	$p_{(a0)} \times tg\phi \cdot k_{и}$	$p_{(b0)} \times tg\phi \cdot k_{и}$	$p_{(c0)} \times tg\phi \cdot k_{и}$				
ИТОГО	Σp_H		$\Sigma n \cdot p_H$															$\Sigma p_{сма}$	$\Sigma p_{сmb}$	$\Sigma p_{сmc}$	$\Sigma q_{сма}$	$\Sigma q_{сmb}$	$\Sigma q_{сmc}$				

1) в столбец 1 вносим наименования однофазных электроприемников, входящих в группу согласно таблице 4;

2) в столбец 2 вносим мощность электроприемников, приведенную к $PВ = 100\%$ для электроприемников, работающих в ПКР;

3) в столбец 3 вносим количество электроприемников;

4) в столбце 4 вычисляем значение установленной мощности электроприемников каждого вида, в строке «итого» вычисляем установленную мощность группы.

Планируем подключение однофазных электроприемников на фазное и линейное напряжение включая электроприемники, мощностью до 5 кВт на фазное напряжение, а более мощные – на линейное. Распределяем мощность однофазных электроприемников включенных на линейное напряжение, между фазами таким образом, чтобы создать наиболее симметричную нагрузку, схематично изображая присоединения, как показано на рисунке 31.

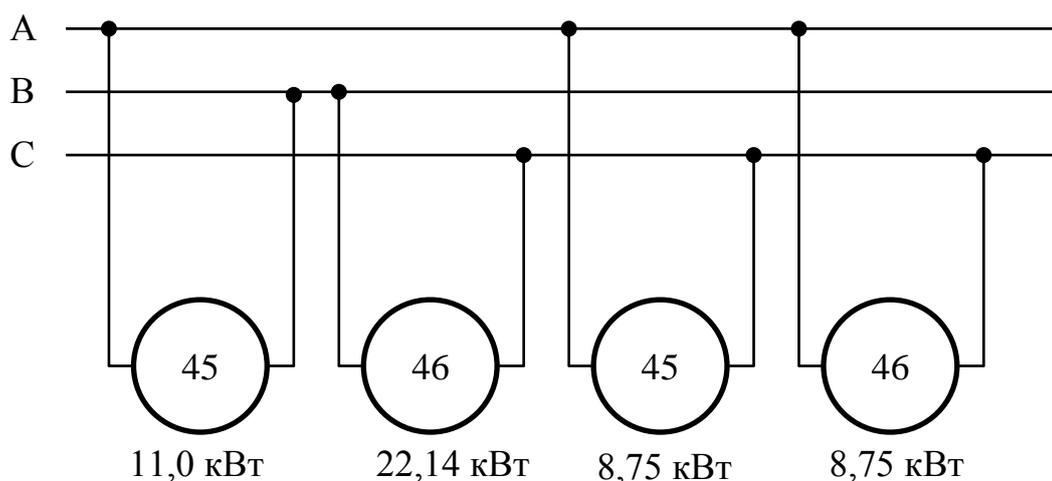


Рисунок 31 - Схема распределения однофазных электроприемников, включенных на линейное напряжение между фазами

При подключении однофазного электроприемника на линейное напряжение, нагрузка, создаваемая им на каждую фазу, будет неравномерной и определится парой коэффициентов приведения мощности электроприемника, включенного на линейное напряжение к фазам, зависящим от коэффициента мощности этого электроприемника. Коэффициенты приведения определяются следующим образом:

$$\begin{aligned}
p_{(ab)a} &= p_{(bc)b} = p_{(ac)c} = 0,5 + 0,29 \cdot tg\varphi, \\
p_{(ab)b} &= p_{(bc)c} = p_{(ac)a} = 0,5 - 0,29 \cdot tg\varphi, \\
q_{(ab)a} &= q_{(bc)b} = q_{(ac)c} = 0,5 \cdot tg\varphi - 0,29, \\
q_{(ab)b} &= q_{(bc)c} = q_{(ac)a} = 0,5 \cdot tg\varphi + 0,29.
\end{aligned}
\tag{26}$$

5) согласно выполненного, как показано на рисунке 31 плана подключения электроприемников к фазам, вносим в столбцы 5,6 и 7 значение мощности электроприемников, включенных между соответствующими фазами. Удобно ориентировать значение мощности электроприемников, включенных на разные линейные напряжения по диагонали;

6) в столбцы 8, 9 и 10 вносим соответствующие коэффициенты приведения к фазам в числителе - для активной и в знаменателе - для реактивной мощности, размещая их в одной строке со значением мощности электроприемника;

7) в столбцы 11, 12, и 13 вносим значения мощности электроприемников, включенных на фазное напряжение;

8) в столбец 14 вносим значение коэффициента использования для каждого вида электроприемников;

9) в столбце 15 записываем значение $\cos\varphi$ и вычисляем значение $tg\varphi$;

10) в столбцах 16, 17 и 18 вычисляем значение средней активной, а в столбцах 19, 20, и 21 значение средней реактивной мощности, используя выражения [9]:

для определения загрузки фазы А

активной, в кВт

$$P_{см(a)} = k_{и} \cdot p_{ab} \cdot p_{ab(a)} + k_{и} \cdot p_{ac} \cdot p_{ac(a)} + k'_{и} \cdot p_{a0}, \tag{27}$$

реактивной, в квар

$$Q_{см(a)} = k_{и} \cdot p_{ab} \cdot q_{ab(a)} + k_{и} \cdot p_{ac} \cdot q_{ac(a)} + k'_{и} \cdot p_{a0} \cdot tg\varphi; \tag{28}$$

для определения загрузки фазы В

активной, в кВт

$$P_{см(b)} = k_{и} \cdot p_{ab} \cdot p_{ab(b)} + k_{и} \cdot p_{bc} \cdot p_{bc(b)} + k'_{и} \cdot p_{b0}, \tag{29}$$

реактивной, в квар

$$Q_{см(b)} = k_{и} \cdot p_{ab} \cdot q_{ab(b)} + k_{и} \cdot p_{bc} \cdot q_{bc(b)} + k'_{и} \cdot p_{b0} \cdot tg\varphi; \tag{30}$$

для определения загрузки фазы С

активной, в кВт

$$P_{см(c)} = k_{и} \cdot p_{ac} \cdot p_{ac(c)} + k_{и} \cdot p_{bc} \cdot p_{bc(c)} + k'_{и} \cdot p_{c0}, \quad (31)$$

реактивной, в квар

$$Q_{см(a)} = k_{и} \cdot p_{ac} \cdot q_{ac(c)} + k_{и} \cdot p_{ac} \cdot q_{ac(c)} + k'_{и} \cdot p_{c0} \cdot tg\varphi, \quad (32)$$

где $k_{и}$ и $k'_{и}$ - коэффициенты использования по активной мощности однофазных приемников различного режима работы;

p_{ab}, p_{bc}, p_{ac} - мощность нагрузок, присоединенных на линейные напряжения фаз АВ фаз ВС или фаз АС, кВт;

p_{a0}, p_{b0}, p_{c0} - мощность нагрузок, присоединенных на фазные напряжения фаз А В и С, кВт;

$P_{(ab)a}, P_{(ac)a}, P_{(ab)b}, P_{(bc)b}, P_{(ac)c}, P_{(bc)c}$ - коэффициенты приведения активной мощности электроприемников, включенных на линейные напряжения к определенной фазе, например $p_{(ab)a}$ приводит мощность однофазного электроприемника, включенного на линейное напряжение между фазами А и В к фазе А, а $p_{(ab)b}$ приводит мощность того же электроприемника, включенного на линейное напряжение между фазами А и В к фазе В;

$Q_{(ab)a}, Q_{(ac)a}, Q_{(ab)b}, Q_{(bc)b}, Q_{(ac)c}, Q_{(bc)c}$ - коэффициенты приведения реактивной мощности электроприемников, включенных на линейные напряжения к определенной фазе, квар.

Определяется наиболее и наименее загруженная фаза.

11) определяется неравномерность загрузки фаз, в %:

$$\Delta P_{нф} = \frac{P_{макс\ \phi} - P_{мин\ \phi}}{P_{мин\ \phi}} \cdot 100, \quad (33)$$

где $P_{макс\ \phi}$ - активная сменная мощность наиболее загруженной фазы кВт;

$P_{мин\ \phi}$ - активная сменная мощность наименее загруженной фазы кВт.

При наличии в группе трехфазных электроприемников загрузка фаз в %:

$$\Delta P_{нф} = \frac{P_{макс\ \phi} - P_{мин\ \phi}}{P_{мин\ \phi} + \frac{1}{3}\Sigma P_{н}} \cdot 100, \quad (34)$$

где ΣP_n - суммарная мощность, трехфазных электроприемников присоединенных к этому узлу, кВт.

12) определяется условная средняя мощность трехфазной сети от однофазных электроприемников при неравномерности загрузки фаз не превышающей 15%:

по активной мощности, в кВт

$$P_{см.у} = P_{см(a)} + P_{см(b)} + P_{см(c)}, \quad (35)$$

где $P_{см(a)}$, $P_{см(b)}$, $P_{см(c)}$, – активная сменная мощность каждой фазы, кВт;

по реактивной мощности, в квар

$$Q_{см.у} = Q_{см(a)} + Q_{см(b)} + Q_{см(c)}, \quad (36)$$

где $Q_{см(a)}$, $Q_{см(b)}$, $Q_{см(c)}$, – реактивная сменная мощность каждой фазы, квар.

В случае если неравномерность загрузки фаз превышает 15%, условная средняя мощность трехфазной сети от однофазных электроприемников определится:

по активной мощности, в кВт

$$P_{см.у} = 3 \cdot P_{см.макс.ф}, \quad (37)$$

где $P_{см.макс.ф}$ – активная сменная мощность наиболее загруженной фазы, кВт;

по реактивной мощности, в квар

$$Q_{см.у} = 3 \cdot Q_{см.макс.ф}, \quad (38)$$

где $Q_{см.макс.ф}$ – реактивная сменная мощность наиболее загруженной фазы, квар.

13) определяется групповой коэффициент использования для наиболее загруженной фазы

$$K_{и макс.ф} = \frac{P_{см.макс.ф}}{\frac{P_{н.л1} + P_{н.л2}}{2} + P_{н.1ф.макс.ф}} \quad (39)$$

где $P_{см.макс.ф}$ – средняя мощность максимально загруженной фазы;

$P_{н.л1}$, $P_{н.л2}$ – суммарные номинальные мощности однофазных электроприемников, включенных на линейное напряжение между наиболее загруженной фазой и смежными с ней в трехфазной системе;

$P_{н.1ф.макс.ф}$ – суммарная номинальная мощность однофазных электроприемников, включенных на фазное напряжение наиболее загруженной фазы.

14) для однофазных электроприемников величина n_3 определяется по упрощенной формуле

$$n_3 = \frac{2\Sigma P_{н.1ф}}{3P_{н.1ф.макс}}, \quad (40)$$

где $\Sigma P_{н.1ф}$ - сумма номинальных мощностей однофазных электроприемников рассматриваемой группы;

$P_{н.1ф.макс}$ - номинальная мощность наибольшего однофазного электроприемника в рассматриваемой группе.

Найденное по формуле 30 значение n_3 округляется до ближайшего меньшего числа. Если определенное по упрощенному выражению число $n_3 > n$, или

$$\frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин}} \leq 3, \quad (41)$$

где $P_{н.макс}$ - номинальная мощность мощного электроприемника группы;

$P_{н.мин}$ - номинальная мощность мощного электроприемника группы;

то принимается $n_3 = n$.

15) после определения $P_{см.у}$, кВт, $Q_{см.у}$, квар, n_3 , $K_{и макс.ф}$, группа однофазных электроприемников учитывается как эквивалентная группа трехфазных электроприемников с указанными параметрами в таблице по форме Ф636-92.

Значения $P_{см.у}$, $Q_{см.у}$ внесены в столбцы 7 и 8, таблицы по форме Ф636-92. Значение n_3 вносим в столбец 2, а значение $K_{и макс.ф}$ внесено в столбец 5. Значение $\cos\varphi$ и $\operatorname{tg}\varphi$ определены из соотношений

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{Q_{см.у}}{P_{см.у}}, \quad (42)$$

где $Q_{см.у}$ – реактивная сменная условная мощность квар;

$P_{см.у}$ – активная сменная условная мощность кВт.

$$\cos\varphi = \frac{P_{см.у}}{\sqrt{P_{см.у}^2 + Q_{см.у}^2}}, \quad (43)$$

Значение P_n определено как частное ΣP_n и n_3 данной группы однофазных электроприемников;

16) определяется n_3 для группы трехфазных и однофазных электроприемников согласно (9).

Принимаем меньшее целое значение n_3 ;

17) определяется $K_{и}$ для СШ-2 согласно (9)

$$K_{и} = \frac{36,24}{82,95} = 0,44;$$

18) согласно [3] определяем коэффициент расчетной нагрузки - K_p ;

19) определяется расчетная активная мощность группы электроприемников согласно формуле (10).

Если расчетная мощность окажется меньше номинальной мощности наиболее мощного ЭП, следует принять $P_p = P_{н \max}$;

20) определение расчетной реактивной мощности группы электроприемников при $n_3 \leq 10$ согласно (11) и (12).

21) определяется полная расчетная мощность согласно (13);

22) определяется расчетный ток согласно (14).

Расчет по пп 16 – 22 нагрузки трехфазных электроприемников выполнен в таблице по форме Ф636-92, в строке «Итого».

Расчет для однофазных электроприемников, подключенных к СШ-3.

Согласно фрагменту компоновки сварочного отделения, показанного на рисунке 2, вносим параметры электроприемников, подключенных к СШ-3 в таблицу 7.

Таблица 7 – Параметры электроприемников СШ-3

Номер на плане	Наименование оборудования	$P_{н}$, кВт	$S_{н}$, кВА	ПВ, %	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	$k_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	Трансформатор сварочный ТСД-500		42	40	16,47	2	0,3	0,62	1,27

1) Определение расчетной мощности этих электроприемников:

активной, в кВт

$$P_p = P_{н} = 3 \cdot P_{н.макс.ф}, \quad (44)$$

реактивной, в квар

$$Q_p = Q_n = 3 \cdot P_{н.макс.ф} \cdot tg\varphi; \quad (45)$$

2) определяется полная расчетная мощность согласно (13);

3) определяется расчетный ток согласно (14).

Определим мощность однофазного электроприемника, включенного на фазное напряжение. Один сварочный трансформатор включен на фазное напряжение. Параметры электроприемника приведены в таблице 8.

Таблица 8 – Параметры электроприемника

Номер на плане	Наименование оборудования	P_n , кВт	S_n , кВА	ПВ, %	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	k_n	$\cos\varphi$	$tg\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	Трансформатор сварочный СТН-350		25	40	8,54	1	0,3	0,54	1,56

Требуется определить расчетную мощность, приведенную к трехфазной.

1) Определение расчетной мощности этих электроприемников:

активной, в кВт по (44);

реактивной по (45);

2) определяется полная расчетная мощность согласно (13);

3) определяется расчетный ток согласно (14).

Определим мощность однофазного электроприемника, включенного на линейное напряжение. Один сварочный трансформатор включен на линейное напряжение. Параметры электроприемника приведены в таблице 7.

Определяем расчетную мощность электроприемника, приведенную к эквивалентной трехфазной.

1) В данном случае $p_n = p_{н.макс.ф}$, тогда,

активная мощность, в кВт

$$p_p = p_n = \sqrt{3} \cdot p_{н.макс.ф}, \quad (46)$$

реактивная, в квар

$$q_p = q_n = \sqrt{3} \cdot q_{н.макс.ф}, \quad (47)$$

- 2) определяется полная расчетная мощность согласно (13);
- 3) определяется расчетный ток согласно (14).

2.5 Пример оформления расчета нагрузки группы однофазных электроприемников

Определим нагрузку группы электроприемников присоединенных к силовому шкафу СШ-2, сварочного отделения. Фрагмент компоновки технологического оборудования сварочного отделения приведен на рисунке 32.

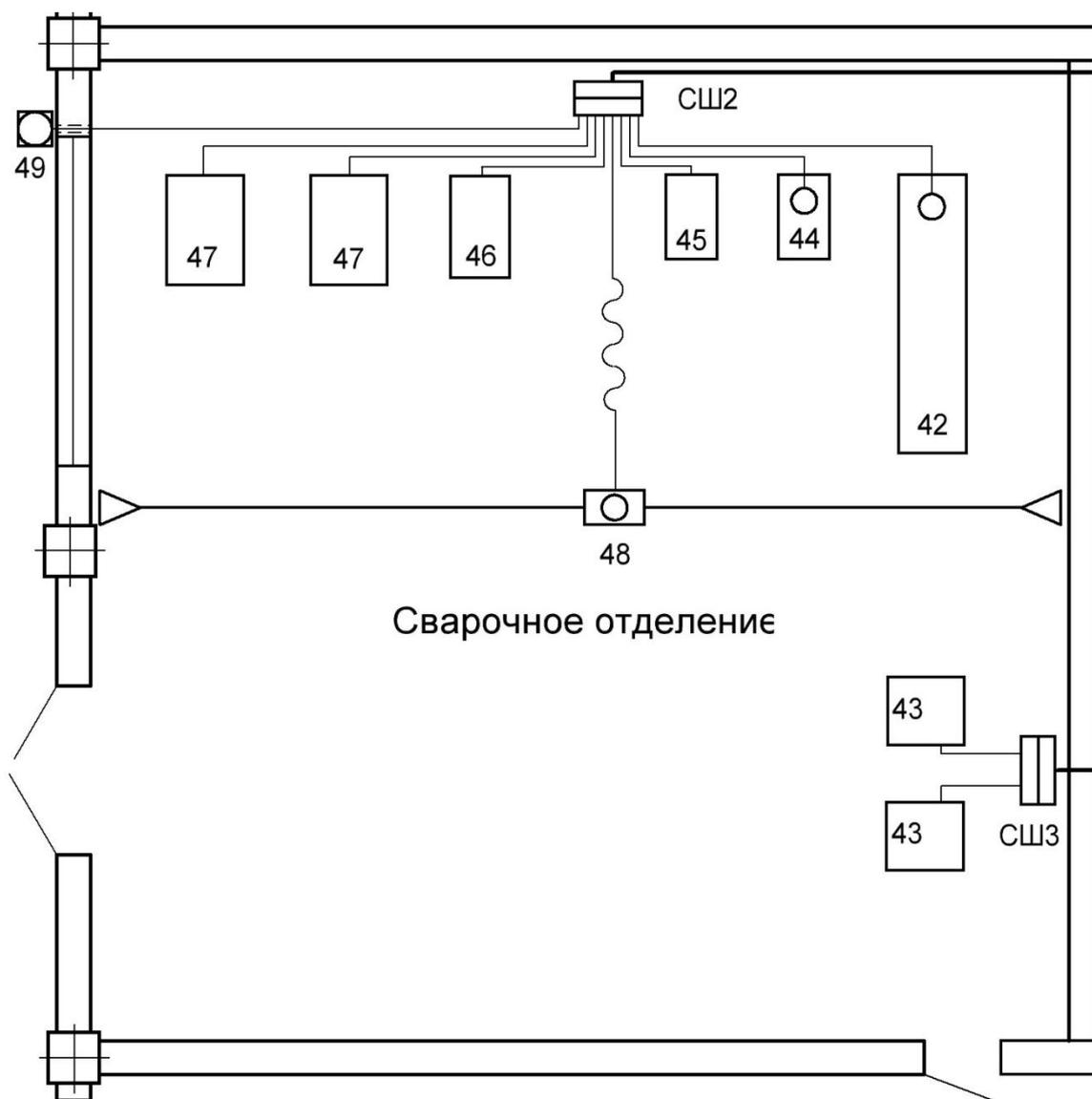


Рисунок 32 – Фрагмент компоновки сварочного отделения

Параметры электроприемников сварочного отделения входящих в группу приведены в таблице 9.

Таблица 9 – Параметры электроприемников СШ-2

Номер на плане	Наименование оборудования	P_n , кВт	S_n , кВА	ПВ, %	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	$k_{и}$	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
42	Сварочный агрегат ПС-500	28		60	21,689	1	0,35	0,89	0,51
44	Преобразователь сварочный ПСО-300	14		60	10,844	1	0,35	0,83	0,67
45	Машина электросварочная точечная МТМ-25М		25	25	11,0	1	0,25	0,88	0,54
46	Машина электросварочная шовная МШС-50		50	40	22,136	1	0,35	0,7	1,02
47	Машина электросварочная стыковая МСР-25		25	25	8,750	2	0,35	0,7	1,02
48	Кран-балка	7,8		25	3,9	1	0,06	0,86	0,59
49	Вентилятор	7		-	7,0	1	0,65	0,86	0,59

Пример расчета выполнен в таблице 10, согласно следующему алгоритму:

- 1) в столбец 1 вносим наименования однофазных электроприемников, входящих в группу согласно таблице 9;
- 2) в столбец 2 вносим мощность электроприемников, приведенную к $PВ = 100\%$ для электроприемников, работающих в ПКР;
- 3) в столбец 3 вносим количество электроприемников;
- 4) в столбце 4 вычисляем значение установленной мощности электроприемников каждого вида, в строке «итого» вычисляем установленную мощность группы;

Планируем подключение однофазных электроприемников на фазное и линейное напряжение. Распределяем мощность однофазных электроприемников включенных на линейное напряжение, между фазами таким образом, чтобы создать наиболее симметричную нагрузку, схематично изображая присоединения, как показано на рисунке 33.

Таблица 10 - Определение нагрузки однофазных электроприемников

Узлы питания групп ЭП	P_n , приведенная, к ПВ=100%	Число ЭП	$\sum P_n$ (кВт)	P_n , электроприемников, включенных на $U_{л}$, кВт			Коэффициент приведения к фазам		
				ab	bc	ca	a	b	c
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
СШ-2									
45 Машина электросварочная точечная	11,00	1	11,0	11,0			0,65	0,35	
							-0,02	0,56	
					0				
						0			
46 Машина электросварочная шовная	22,14	1	22,14	0					
					22,14			0,7	0,3
							0,22	0,8	
						0			
47 Машина электросварочная стыковая	8,750	2	17,5	0					
					0				
						17,5	0,3		0,7
							0,8		0,22
ИТОГО:	41,886	6	35,62						

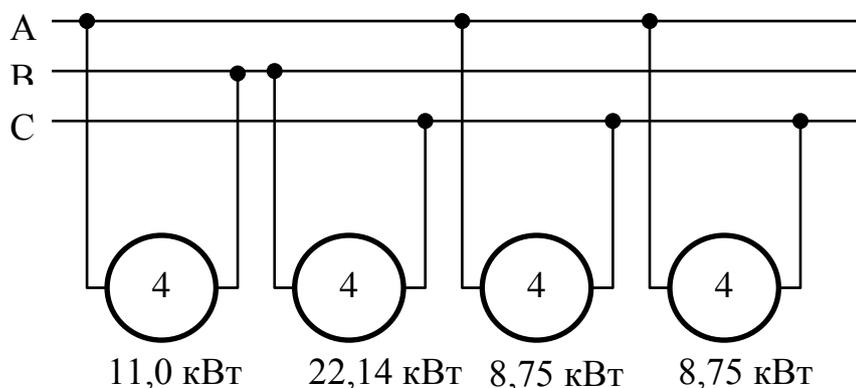


Рисунок 33 - Схема распределения однофазных электроприемников, включенных на линейное напряжение между фазами

Продолжение таблицы 10

P _н , включенных на U _ф , кВт			K _н	cosφ	tgφ	Средние нагрузки								
a	b	c				Активные, P _{см}			Реактивные, Q _{см}					
						a	b	c	a	b	c			
11	12	13	14	15		16	17	18	19	20	21			
			0,25	0,88	0,54	1,788	0,963		-0,06	1,54				
			0,35	0,7	1,02		5,423	2,323		1,704	6,198			
			0,35	0,7	1,02									
									1,838		4,288	4,9		1,348
									3,625	6,386	6,612	4,845	3,244	7,546

5) согласно выполненного, как показано на рисунке 4 плана подключения электроприемников к фазам, вносим в столбцы 5,6 и 7 значение мощности электроприемников, включенных между соответствующими фазами. Например, значение мощности электроприемника 45 - машина электросварочная точечная запишем в столбец 5, т.к. он подключен к фазам А и В;

б) в столбцы 8, 9 и 10 вносим соответствующие коэффициенты приведения к фазам в числителе - для активной и в знаменателе - для реактивной мощности, размещая их в одной строке со значением мощности электроприемника;

Коэффициенты приведения определяются следующим образом:

$$p_{(ав)а} = 0,5 + 0,29 \cdot tg\varphi = 0,5 + 0,29 \cdot 0,54 = 0,65$$

$$p_{(ав)в} = 0,5 - 0,29 \cdot tg\varphi = 0,5 - 0,29 \cdot 0,54 = 0,35,$$

$$q_{(aB)a} = 0,5 \cdot \operatorname{tg}\varphi - 0,29 = 0,5 \cdot 0,54 - 0,29 = -0,02,$$

$$q_{(aB)b} = 0,5 \cdot \operatorname{tg}\varphi + 0,29 = 0,5 \cdot 0,54 + 0,29 = 0,56.$$

Коэффициенты приведения электроприемников других фаз с другим $\cos\varphi$ определяются аналогично;

7) в столбец 14 вносим значение коэффициента использования для каждого вида электроприемников;

8) в столбце 15 записываем значение $\cos\varphi$ и вычисляем значение $\operatorname{tg}\varphi$;

9) в столбцах 16, 17 и 18 вычисляем значение средней активной, а в столбцах 19, 20, и 21 значение средней реактивной мощности для каждой строки.

Например, определим загрузку фазы А по активной мощности от электроприемника №45 - Машина электросварочная точечная используя (17),

$$P_{см(a)45} = 0,25 \cdot 11,0 \cdot 0,65 = 1,788 \text{ кВт.}$$

Полученное значение записываем в ячейку на пересечении столбца 16 и строки содержащей сведения об электроприемнике №45 таблицы 10.

Загрузка фазы А по активной мощности от электроприемника №47 Машина электросварочная стыковая составит,

$$P_{см(a)47} = 0,35 \cdot 17,5 \cdot 0,3 = 1,838 \text{ кВт.}$$

Полученное значение записываем в ячейку на пересечении столбца 16 и строки содержащий сведения об электроприемнике №47 таблицы 10.

Загрузка фазы А по активной мощности определится как сумма значений мощности электроприемников, приведенных к фазе А,

$$P_{см(a)} = P_{см(a)45} + P_{см(a)47} = 1,788 + 1,838 = 3,625 \text{ кВт.}$$

Это значение вносим в ячейку столбца 16 и строки «Итого» таблицы 10.

Определим загрузку фазы А по реактивной мощности от электроприемника №45 - Машина электросварочная точечная используя (18),

$$Q_{см(a)45} = 0,25 \cdot 11,00 \cdot 0,02 = 0,055 \text{ квар.}$$

Полученное значение записываем в ячейку на пересечении столбца 19 и строки содержащей сведения об электроприемнике №45 таблицы 10.

Загрузка фазы А по реактивной мощности от электроприемника №47 Машина электросварочная стыковая составит,

$$Q_{см(a)47} = 0,35 \cdot 17,5 \cdot 0,8 = 4,9 \text{ квар.}$$

Полученное значение записываем в ячейку на пересечении столбца 19 и строки содержащий сведения об электроприемнике №47 таблицы 10.

Загрузка фазы А по реактивной мощности определится как сумма значений мощности электроприемников, приведенных к фазе А,

$$Q_{см(a)} = Q_{см(a)45} + Q_{см(a)47} = 0,055 + 4,9 = 4,955 \text{ квар.}$$

Нагрузка остальных фаз определяется аналогично. Значения значение вносим в ячейку столбца 19 и строки «Итого» таблицы 10.

Определяется наиболее и наименее загруженная фаза.

В примере фаза С = 6,612 – максимально загружена, а фаза А = 3,625 – минимально загружена по активной мощности.

По реактивной мощности – максимально загружена фаза С = 7,546

10) определяется неравномерность загрузки фаз, в %: при наличии в группе трехфазных электроприемников т.к. к СШ-2 подключены четыре трехфазных электроприемника. Сведения о них приведены в таблице 9.

Определим неравномерность загрузки фаз по (34),

$$\begin{aligned} \Delta P_{нф} &= \frac{P_{\text{макс ф}} - P_{\text{мин ф}}}{P_{\text{мин ф}} + \frac{1}{3}\Sigma P_{н}} \cdot 100 = \frac{6,612 - 3,625}{3,625 + \frac{1}{3} \cdot (21,689 + 10,844 + 3,9 + 7)} \cdot 100 = \\ &= 16,5 \% \end{aligned}$$

Неравномерность загрузки фаз с учетом трехфазных электроприемников составляет 16,5 % что превышает 15 %

11) В случае если неравномерность загрузки фаз превышает 15%, условная средняя мощность трехфазной сети от однофазных электроприемников определится:

по активной мощности, в кВт

$$P_{см.у} = 3 \cdot P_{см.макс.ф} = 3 \cdot 6,612 = 19,836 \text{ кВт,}$$

по реактивной мощности, в квар

$$Q_{см.у} = 3 \cdot Q_{см.макс.ф} = 3 \cdot 7,546 = 22,638 \text{ квар}$$

12) определяется групповой коэффициент использования для наиболее загруженной фазы

$$K_{и макс.ф} = \frac{P_{см.макс.ф}}{\frac{P_{н.л1} + P_{н.л2}}{2} + P_{н.1ф.макс.ф}} = \frac{6,612}{\frac{11,0 + 17,5}{2}} = 0,46;$$

13) для однофазных электроприемников величина n_3 определяется по упрощенной формуле (40)

$$n_3 = \frac{2 \sum P_{н.1ф}}{3 P_{н.1ф.макс}} = \frac{2 \cdot 35,62}{3 \cdot 22,14} = 1,07.$$

Найденное значение n_3 округляется до ближайшего меньшего числа.

Согласно (41)

$$\frac{P_{н.макс}}{P_{н.мин}} = \frac{22,14}{8,75} = 2,53 \leq 3,$$

Принимаем $n_3 = 6$.

14) после определения $P_{см.у} = 19,836$ кВт, $Q_{см.у} = 22,638$ квар, $n_3 = 6$, $K_{и макс.ф} = 0,46$, группа однофазных электроприемников учитывается как эквивалентная группа трехфазных электроприемников с указанными параметрами в таблице по форме Ф636-92.

Расчет для СШ-2 приведен в таблице 11

Значения $P_{см.у} = 19,836$ кВт, $Q_{см.у} = 22,638$ квар, внесены в столбцы 7 и 8, таблицы 11. Значение $n_3 = 6$ внесено в столбец 2, а значение $K_{и макс.ф} = 0,46$ внесено в столбец 5.

15) определяется n_3 для группы трехфазных и однофазных электроприемников согласно (9)

$$n_3 = \frac{(\sum P_H)^2}{\sum n \cdot p_H^2} = \frac{82,95^2}{909,3} = 7,57$$

Принимаем меньшее целое значение $n_3 = 7$;

16) определяется $K_{и}$ для СШ-2 согласно (8)

$$K_{и} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_H} = \frac{36,24}{82,95} = 0,44;$$

17) согласно [3] или по таблице А.2 приложения А определяем коэффициент расчетной нагрузки - K_p . Для $K_{и} = 0,44$ и $n_3 = 7$, $K_p = 1,12$;

Таблица 11-Определение нагрузки трехфазных и однофазных электроприемников СШ-2

Исходные данные				Расчетные величины						Расчетная мощность			Ток		
По заданию			Справочные данные			$K_{и} \cdot P_{н}$	$P_{см} \cdot \text{tg}\varphi$	$n \cdot P_{н}^2$	$n_3 = (\sum P_{н})^2 / \sum n \cdot P_{н}^2$	K_p	P_p , кВт	Q_p , квар	S_p , кВт·А	I_p , А	
Наименование ЭП	n	$P_{н}$, кВт		$K_{и}$	$\cos\varphi$						$\text{tg}\varphi$	$P_p = P_{см} \cdot K_p$	при $n_3 \leq 10$ $Q_p = 1,1 \cdot Q_{см}$ при $n_3 > 10$ $Q_p = Q_{см}$	$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}$	$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} U_{н}}$
		$P_{н}$	$\sum P_{н}$												
1	2	3	4	5	6		7	8	9	10	11	12	13	14	15
Силовой шкаф СШ-2															
42 Сварочный агрегат ПС-500	1	21,69	21,7	0,35	0,6	1,33	7,592	10,097	470,46	7	1,12				
44 Преобразователь сварочный ПСО-300	1	10,84	10,8	0,35	0,7	1,17	3,794	4,439	117,5						
48 Кран-балка	1	7,8	7,8	0,06	0,6	1,33	0,468	0,622	60,84						
49 Вентилятор	1	7	7	0,65	0,6	1,33	4,550	6,052	49,0						
1ф нагрузка	6	5,94	35,6	0,46	0,66	1,14	19,836	22,636	211,46						
ИТОГО	10	53,27	82,95	0,44			36,24	43,846	909,3			40,589	48,23	63,036	95,77

18) определяется расчетная активная мощность группы электроприемников согласно формуле (10):

$$P_p = P_{см} \cdot K_p = 36,24 \cdot 1,12 = 40,589 \text{ кВт};$$

Если расчетная мощность окажется меньше номинальной мощности наиболее мощного ЭП, следует принять $P_p = p_{н \max}$;

В нашем случае $40,589 > 22,14$ (P_n электроприемника 46);

19) определение расчетной реактивной мощности группы электроприемников при $n_s = 7$ согласно (11)

$$Q_p = 1,1 \cdot Q_{см} = 1,1 \cdot 43,846 = 48,23 \text{ квар};$$

20) определение полной расчетной мощности согласно (13):

$$S_p = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2} = \sqrt{40,589^2 + 48,23^2} = 63,036 \text{ кВ}\cdot\text{А};$$

21) определение расчетного тока согласно (14)

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{63,036}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 95,77 \text{ А}.$$

Расчет по пп 16 – 20 нагрузки трехфазных электроприемников выполнен в таблице 11, в строке «Итого».

Расчет для однофазных электроприемников, подключенных к СШ-3

Согласно фрагменту компоновки сварочного отделения, показанного на рисунке 6, вносим параметры электроприемников, подключенных к СШ-3 в таблицу 12.

Таблица 12 – Параметры электроприемников СШ-3

Номер на плане	Наименование оборудования	P_n , кВт	S_n , кВА	ПВ, %	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	k_n	$\cos\varphi$	$\operatorname{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	Трансформатор сварочный ТСД-500		42	40	16,47	2	0,3	0,62	1,27

Определяем мощность наиболее загруженной фазы при $P_{ab} = 16,47$ кВт и $P_{bc} = 16,47$ кВт:

$$P_a = P_c = \frac{16,47}{2} = 8,23 \text{ кВт};$$

$$P_b = \frac{16,47 + 16,47}{2} = 16,47 \text{ кВт.}$$

Наиболее загружена фаза В, $P_{н.макс.ф} = 16,47 \text{ кВт.}$

Электроприемники включены на линейное напряжение фаз АВ и ВС

Определение расчетной мощности этих электроприемников:

активной, в кВт

$$P_p = P_n = 3 \cdot P_{н.макс.ф} = 3 \cdot 16,47 = 49,41 \text{ кВт,}$$

реактивной, в квар

Определяем полную мощность

$$S_p = \sqrt{P_{см}^2 + Q_{см}^2} = \sqrt{49,41^2 + 62,75^2} = 79,87 \text{ кВ} \cdot \text{А.}$$

Определяем расчетный ток

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3} \cdot U_n} = \frac{79,87}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 121,35 \text{ А.}$$

Определим мощность однофазного электроприемника, включенного на фазное напряжение. Один сварочный трансформатор включен на фазное напряжение. Параметры электроприемника приведены в таблице 13.

Таблица 13 – Параметры электроприемника

Номер на плане	Наименование оборудования	P_n , кВт	S_n , кВА	ПВ, %	$P_{нПВ}$, кВт	n, шт	k_n	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
43	Трансформатор сварочный СТН-350		25	40	8,54	1	0,3	0,54	1,56

Требуется определить расчетную мощность, приведенную к трехфазной.

В данном случае $P_n = P_{н.макс.ф}$, по (34)

$$P_p = P_n = 3 \cdot P_{н.макс.ф} = 3 \cdot 8,54 = 25,61 \text{ кВт,}$$

Расчетная реактивная мощность определится по (35)

$$Q_p = Q_n = 3 \cdot P_{н.макс.ф} \cdot \text{tg}\varphi = 3 \cdot 8,54 \cdot 1,56 = 39,95 \text{ квар.}$$

Определим мощность однофазного электроприемника, включенного на линейное напряжение. Один сварочный трансформатор включен на линейное напряжение. Параметры электроприемника приведены в таблице 13.

Определяем расчетную мощность электроприемника, приведенную к эквивалентной трехфазной.

В данном случае $p_n = p_{n.\text{макс.ф}}$, тогда,
активная мощность, в кВт

$$p_p = p_n = \sqrt{3} \cdot p_{n.\text{макс.ф}} = \sqrt{3} \cdot 8,54 = 14,79 \text{ кВт},$$

реактивная, в квар

$$q_p = q_n = \sqrt{3} \cdot q_{n.\text{макс.ф}} = \sqrt{3} \cdot 8,54 \cdot 1,56 = 23,08 \text{ квар}.$$

2.6 Пример расчета однофазных нагрузок средствами таблицы Excel

В ячейки таблицы согласно адресу вводятся следующие данные или формулы:

- 1) заполняется шапка таблицы согласно таблице 9, начиная с ячейки A2;
- 2) строки таблицы формируются для каждого электроприемника путем объединения ячеек, как показано в таблице 9;
- 2) в столбцы 1 - 3, 14 и 15 вносятся исходные данные согласно таблице 8;
- 3) в объединенные ячейки столбца 4,

$$= B7 * C7; \quad (48)$$

и копируется в нижележащие ячейки до строки «Итого»;

4) в ячейки, столбцов 5 – 7, расположенные по диагонали, вносится мощность электроприемников, подключенных к соответствующим фазам, согласно рисунку 4;

5) в ячейки, столбцов 8 – 10 вносятся значения коэффициентов приведения мощности электроприемника к фазам записывая в верхней ячейке – коэффициент приведения для активной мощности, в нижней - коэффициент приведения для реактивной мощности;

6) в ячейки, столбцов 11 – 13 вносится мощность электроприемников, включенных на фазное напряжение к соответствующим фазам, согласно рисунку 4;

в правые ячейки столбца 15 «tgφ», по формуле (16)

7) в столбец 16,

$$=E7*N7*N7; \quad (49)$$

8) в столбец 17,

$$=E7*I7*N7; \quad (50)$$

9) в столбец 18 – ничего не записываем, т.к. первый электроприемник, включен только между фазами А и В;

10) в столбец 19

$$=E7*N8*N7; \quad (51)$$

11) в столбец 20,

$$=E7*I8*N7; \quad (52)$$

12) в столбец 21 – также ничего не записываем;

13) в строке «Итого» столбцов 2 - 4, и 16 - 21 вычисляется сумма вышележащих ячеек;

14) в любой свободной ячейке, например в ячейке X25 записывается формула для определения неравномерности загрузки фаз,

$$\begin{aligned} &=(\text{МАКС}(\{\text{диапазон «Итого» } P_{\text{см}}\})-\text{МИН}(\{\text{диапазон «Итого» } P_{\text{см}}\}))/ \\ & \quad /(\text{МИН}(Q25:S25)+1/3*\{P_{\text{н трехфазных ЭП}}\})*100; \end{aligned} \quad (53)$$

15) в любой свободной ячейке, например в ячейке X26, записывается формула для определения сменной активной мощности эквивалентных трехфазных электроприемников,

$$\begin{aligned} &=\text{ЕСЛИ}(X25<15;\text{СУММ}(\{\text{диапазон «Итого» } P_{\text{см}}\})); \\ & \quad 3*(\text{МАКС}(\{\text{диапазон «Итого» } P_{\text{см}}\})); \end{aligned} \quad (54)$$

16) в любой свободной ячейке, например в ячейке Y26, записывается формула для определения сменной реактивной мощности эквивалентных трехфазных электроприемников,

$$\begin{aligned} &=\text{ЕСЛИ}(X25<15;\text{СУММ}(\{\text{диапазон «Итого» } Q_{\text{см}}\})); \\ & \quad 3*(\text{МАКС}(\{\text{диапазон «Итого» } Q_{\text{см}}\})); \end{aligned} \quad (55)$$

Итогом расчета является значение $P_{\text{см}}$ и $Q_{\text{см}}$, подставляемые в столбцы 7 и 8 соответственно, строки 1ф, группы трехфазных электроприемников к которой относится однофазная нагрузка.

2.7 Определение нагрузки силовых электроприемников цеха

Расчет ведется по форме Ф636-92 [3, 4] с учетом ряда особенностей:

1) все электроприемники группируются по характерным категориям независимо от их мощности. Например, в столбце 1 таблицы 14 записывается название характерных групп электроприемников, приведенных во введении;

2) определяется количество электроприемников каждой характерной группы. Например, в столбце 2 указывается общее количество электроприемников, отнесенных к данной группе;

3) определяется мощность наименьшего и наибольшего по мощности электроприемника в группе. Например, в столбце 3 значения наименьшего и наибольшего по мощности электроприемников указаны через дробь;

4) значения K_n и $\cos\varphi$ определяются по справочным данным [8,10] или по таблице А1 приложения А, в общем для группы виде. Например, для группы универсальных станков в столбце 4 указывается значение $K_n = 0,14$, а значение $\cos\varphi = 0,5$;

5) значение P_{cm} и Q_{cm} определяется для каждой группы в столбцах 7 и 8;

6) значение $n \cdot P_n^2$ не вычисляется;

7) эффективное число электроприемников определяется по упрощенному выражению

$$n_э = \frac{2\sum P_n}{P_{n.макс}}, \quad (56)$$

где $P_{n.макс}$ – мощность наиболее мощного электроприемника в группе, кВт.

Если найденное по упрощенному выражению число $n_э$ окажется больше n , или если справедливо (30), то следует принимать $n_э = n$;

8) определяется групповой коэффициент использования по (9);

9) согласно [3] или по таблице А3 приложения А находим коэффициент расчетной нагрузки - K_p , в зависимости от K_n и $n_э$;

10) определяется P_p , Q_p , S_p , и I_p аналогично расчету нагрузки трехфазных электроприемников по (11) – (15) соответственно.

2.8 Пример оформления расчета нагрузки силовых электроприемников цеха

Расчет ведется по форме Ф636-92 с учетом следующего:

1) в столбце 1 таблицы 6 записывается название характерных групп электроприемников, согласно классификации;

2) в столбце 2 указывается общее количество электроприемников, отнесенных к данной группе;

3) в столбце 3 значения наименьшего и наибольшего по мощности электроприемников указаны через дробь;

4) значения $K_{и}$ и $\cos\varphi$ определяются по справочным данным [8, 10] или по таблице А1 приложения А в общем для группы. Например, для группы универсальных станков в столбце 4 указывается значение $K_{и} = 0,14$, а значение $\cos\varphi = 0,5$;

5) значение $P_{см}$ и $Q_{см}$ определяется для каждой группы в столбцах 7 и 8.

6) значение $n \cdot P_{н}^2$ не вычисляется.

7) эффективное число электроприемников определяется согласно (56)

$$n_{э} = \frac{2 \sum P_{н}}{P_{н.макс}} = \frac{2 \cdot 541,75}{45} = 24,07.$$

где $P_{н.макс}$ – мощность наиболее мощного электроприемника в группе кВт.

Принимается меньшее целое значение $n_{э} = 24$.

8) определяется групповой коэффициент использования по (8).

$$K_{и} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{н}} = \frac{195,83}{541,75} = 0,36$$

9) согласно [3] или по таблице А3 приложения А находим коэффициент расчетной нагрузки - $K_{р}$, в зависимости от $K_{и}$ и $n_{э}$.

$$K_{р} = 0,85$$

10) определяется $P_{р}$, $Q_{р}$, $S_{р}$, и $I_{р}$ по (11) – (15) соответственно. Пример расчета нагрузки силовых электроприемников цеха приведен в таблице 14.

2.9 Пример расчета нагрузок цеха средствами таблицы Excel

Составляется таблица согласно Ф636-92, приведенной в таблице 8 исключив столбец для определения $n \cdot p_n^2$, начиная с ячейки A2.

В столбцы таблицы вносятся следующие данные:

- 1) названия характерных групп электроприемников;
- 2) количество станков каждой группы, n , шт;
- 3) сумма установленных мощностей станков каждой группы, ΣP_n , кВт;
- 4) P_n станка максимальной мощности для каждой группы;
- 5) K_n для данной группы электроприемников согласно таблице расчета трехфазной нагрузки;
- 6) значение $\cos\phi$, характерного для данной группы, в правой части столбца 6 вычисляется значение $\operatorname{tg}\phi$ по формуле (14);
- 7) вычисляется P_{cm} по формуле (15);
- 8) вычисляется Q_{cm} по формуле (16).

В строке «Итого» вычисляется сумме вышележащих ячеек для столбцов 2, 4, 5, 7 и 8, а для столбца 5 определяется групповой коэффициент использования K_n , согласно (18).

- 9) вычисляется n_3 ,

$$=\text{ЦЕЛОЕ}(2 * D14 / \text{МАКС}(C7 : C13)); \quad (57)$$

10) вносится значение коэффициента расчетной нагрузки K_p , определенное согласно [3] или по таблице A3 приложения A;

11)-14) вычисляются значения P_p , Q_p , S_p и I_p итоговой строки согласно (19) – (22) с учетом отсутствия столбца для вычисления величины $n \cdot p_n^2$.

Таблица 14 - Определение нагрузки силовых электроприемников цеха

Исходные данные							Расчетные величины		$n_g = 2 \cdot \sum P_H / P_{\text{макс}}$	K_p	Расчетная мощность			I_p, A
По заданию				Справочные данные			$K_H \cdot P_H$	$K_H \cdot P_H \cdot \text{tg}\varphi$			$P_p, \text{кВт}$	$Q_p, \text{квар}$	$S_p, \text{кВА}$	
Наименование ЭП	n, шт	Номинальная мощность ЭП, кВт		K_H	$\cos\varphi$	$\text{tg}\varphi$								
		$P_{H,\text{мин}} \div P_{H,\text{макс}}, \text{кВт}$	$n \cdot P_H, \text{кВт}$											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Станки универсального назначения	24	0,6-14	91,3	0,14	0,5	1,73	12,782	22,139	24	0,85	166,4	182,3	246,9	375,2
Специализированные и агрегатные станки	22	0,725-19,45	102,2	0,22	0,7	1,17	22,484	26,287						
Вентиляторы	17	2,8-7	78,2	0,65	0,8	0,75	50,83	38,123						
Краны, кран-балки, тельферы	5	0,85-36	52,6	0,1	0,5	1,73	5,26	9,111						
Преобразователи	3	14-20	48	0,7	0,7	1,02	33,6	34,279						
Печи сопротивления и др. нагревательные устройства	10	0,8-45	100,2	0,5	0,95	0,33	50,1	16,467						
Электрическая сварка	5	11,07-28	69,25	0,3	0,5	1,73	20,775	35,983						
ИТОГО	86		541,75	0,36			195,83	182,37						

3 Лабораторно-практическое занятие №3. Выбор оборудования и токоведущих элементов силовой сети

Для присоединения к электрической сети цеха различных электроприемников используются распределительные устройства – силовые шкафы и распределительные шинопроводы [11, 12, 13]. Выбор вида распределительного устройства зависит от расположения электроприемников на компоновочном плане цеха.

Питание от распределительного шинопровода рекомендуется организовывать для группы стационарного оборудования количеством 8-12 единиц и более, которое располагается в виде рядов. В зависимости от марки распределительного шинопровода присоединительные коробки могут располагаться на расстоянии 0,6 м одна от другой. К одной коробке можно выполнить до четырех присоединений.

Силовые шкафы позволяют присоединять небольшие группы электроприемников, количеством до 8 единиц располагаемых на некоторой прилегающей к шкафу площади отделения.

Распределительные шинопроводы и силовые шкафы получают питание по радиальным или магистральным кабельным линиям или магистральным шинопроводам, составляющим распределительную сеть.

Например, для питания группы станков заготовительного отделения, перечисленных в таблице 7 предусмотрено распределенное по территории отделения распределительное устройство – шинопровод ШР-1, а для другой группы – силовой шкаф СШ-1.

Проектирование силовой сети выполняется по восходящей, от первого уровня – отдельных электроприемников, до третьего – шин низкого напряжения цеховой трансформаторной подстанции.

3.1 Проектирование схемы силовой сети

Внутрицеховые сети выполняют по радиальной, магистральной или смешанной схеме. Выбор схемы внутрицеховой сети зависит от расположения электроприемников в помещении, их характеристики, требований к надежности электроснабжения, особенности технологического процесса, характеристики окружающей среды и пр. с учетом [14].

Радиальные схемы применяют в помещениях с любой окружающей средой. Радиальными линиями выполняется питание распределительных устройств второго уровня (шинопроводы, шкафы и др.) или электроприемников большой единичной мощности. Распределительные устройства второго уровня приближают к центру электрических нагрузок группы потребителей.

Радиальные схемы следует применять для электроснабжения потребителей:

- 1) взаимное расположение которых делает нецелесообразным питание их по магистральной схеме;
- 2) для электроснабжения электроприемников большой единичной мощности, не связанных единым технологическим процессом;
- 3) во взрывоопасных, пожароопасных и пыльных помещениях, в которых распределительные устройства должны быть вынесены в отдельные помещения с нормальной средой и др.

Примеры радиальных схем показаны на рисунках 34 а-в.

Магистральные схемы рекомендованы к применению во всех случаях, когда не требуется обоснованное применение радиальной схемы. Магистральные линии применяют на распределительном и питающем участках цеховой сети. Схема «блок трансформатор – магистраль» без распределительных устройств на цеховой подстанции предусматривает распределение электроэнергии между группами электроприемников при помощи магистрального шинопровода. В магистральных схемах целесообразно использовать комплектные шинопроводы. Схемы с шинопроводами обеспечивают высокую надежность электроснабжения. Их основными достоинствами

ми являются универсальность и гибкость, позволяющие изменять схему и перестановку технологического оборудования в цехах без существенных затрат.

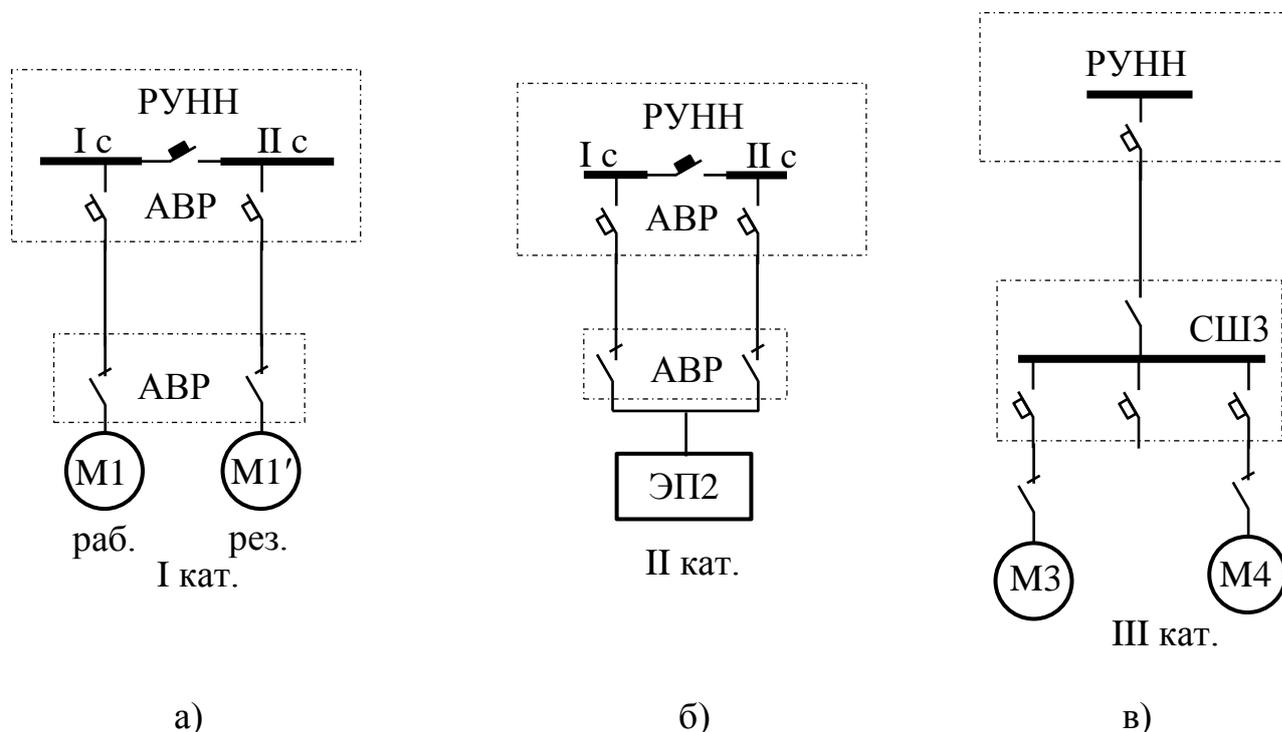


Рисунок 34 а-в – Радиальные схемы питания потребителей, относящихся к различной категории надежности

Магистральные схемы применяют:

- 1) для питания электроприемников, связанных единым технологическим процессом, когда прекращение питания одного электроприемника вызывает необходимость прекращения всего технологического процесса;
- 2) для питания большого числа мелких электроприемников, не связанных единым технологическим процессом, равномерно распределенных по площади цеха;
- 3) при прочих равных условиях радиальной и магистральной схемы сети выбирают магистральную схему.

Примеры магистральных схем показаны на рисунках 35 а, б.

Для кабельных линий, соединяющих распределительные устройства отдельных групп электроприемников, выбирается соответствующий способ прокладки. На выбор способов прокладки кабелей влияют количество линий, совпадающих по

трассе, и характеристика окружающей среды. В любой среде возможна прокладка кабелей открыто по строительным конструкциям (не более шести кабелей, идущих в одном направлении). Тросовые проводки применяют в помещениях со сложной конфигурацией строительной части, где из-за большого числа различных трубопроводов, колонн, ферм и балок трудно выполнить проводку другого типа.

Прокладку в стальных трубах следует использовать только во взрывоопасных зонах вместо бронированных кабелей.

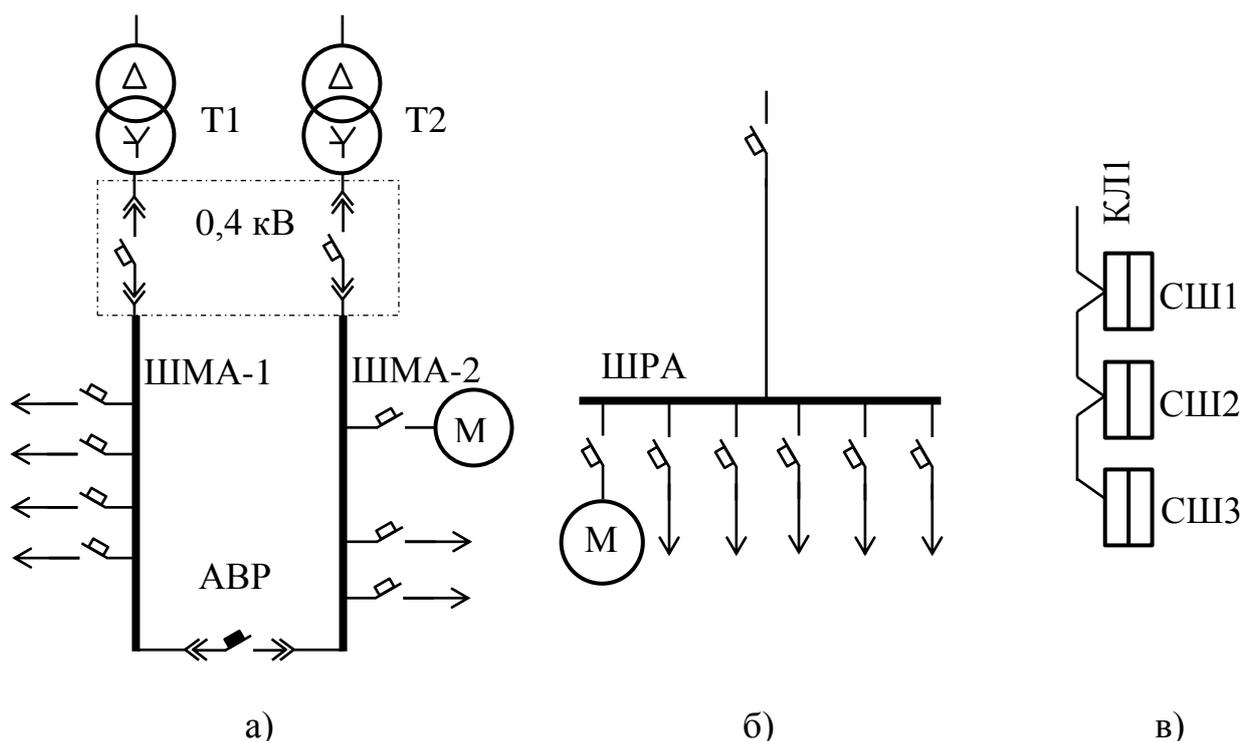


Рисунок 35 а-в – Магистральные схемы питания потребителей, относящихся к различной категории надежности

Для защиты кабелей от воздействия окружающей среды и механических повреждений возможно использовать прокладку в алюминиевых трубах и полимерных (полипропиленовые, поливинилхлоридные, полиэтиленовые и др.)

При большом числе кабельных линий, совпадающих по направлению, следует использовать прокладку кабелей на специальных кабельных конструкциях, на лотках, в коробах и кабельных каналах с учетом влияния окружающей среды на выбор марки кабеля.

Целесообразно использование модульной прокладки в цехах машиностроительной, приборостроительной, радиотехнической и других отраслей промышленности. Применение модульной сети делает электротехническую часть производства независимой от размещения технологического оборудования. В такой сети кабели прокладываются под полом в трубах с ответвительными коробками для присоединения ЭП с шагом (модулем) 1,5 - 6 метров в зависимости от характера производства и габаритов технологического оборудования.

Для питания передвижных ЭП (крановых электродвигателей тельферов, мостовых кранов, кран-балок) применяют троллейные линии, выполненные из профильной стали или алюминиевых шин, а также троллейными шинопроводами типа ШТМ. Возможно использовать для их питания гибкие кабели.

Трассы кабельных линий распределительной сети наносят на компоновочный план цеха и составляют структурную схему внутрицеховой сети, показанную на рисунке 36.

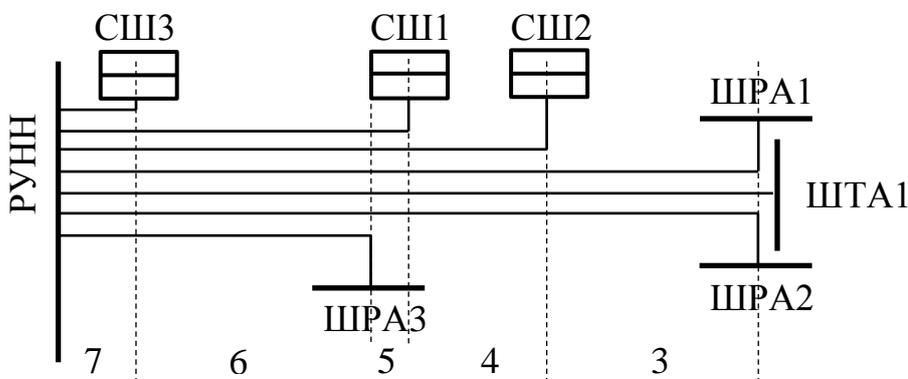


Рисунок 36 - Структурная схема внутрицеховой распределительной сети

На структурную схему наносят распределительные устройства второго уровня (силовые шкафы, шинопроводы и др.), кабельные линии, питающие эти распределительные устройства и отмечают количество совместно проложенных кабелей на различных участках.

3.2 Выбор шинпроводов

Шинпроводы выбираются по назначению, степени защиты и нагреву расчетным током.

Магистральный шинпровод выбирается по расчетному току трансформатора. Расчетный ток трансформатора $I_{p.т}$, А определяется

$$I_{p.т} = \frac{S_{нт}}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \quad (55)$$

где $S_{нт}$ – номинальная мощность трансформатора,

U_n – номинальное напряжение сети.

Номинальный ток трансформатора сравнивается с номинальным током шинпровода, в А

$$I_{p.т} \leq I_{н.шм}, \quad (56)$$

где $I_{н.шм}$ – номинальный ток магистрального шинпровода.

Распределительный шинпровод выбирается по нагреву расчетным током, А группы электроприемников, питаемых этим шинпроводом

$$I_p \leq I_{н.шр}, \quad (57)$$

где $I_{н.шр}$ – номинальный ток распределительного шинпровода.

Например, согласно таблице 8 расчетный ток шинпровода равен,

$$I_p = 23,18 \text{ А.}$$

Выбирается шинпровод распределительный ШРА-4-250-32-1У3 по таблице Б1 приложения Б, согласно [15], рассчитанный на ток 250 А, количество присоединений – 15 шт., длина шинпровода – 12 м. Остальные шинпроводы выбираются аналогично и сведения о них вносятся в таблицу 15.

Таблица 15 – Выбор магистральных и распределительных шинпроводов

Группа	Количество присоединений n, шт	I_p , А	$I_{шр}$, А	Длина шинпровода, м	Марка шинпровода
Заготовительное отделение ШР1	15	23,18	250	12	ШРА-4-250-32-1У3

3.3 Выбор силовых распределительных пунктов

Для распределения электроэнергии между группами электроприемников, устанавливаются распределительные пункты силовые шкафы.

Для управления отдельными электроприемниками, например кранами, применяются ящики управления.

В распределительных пунктах, силовых шкафах и ящиках управления сосредоточена защитная и коммутационная аппаратура, предназначенная для управления электроприемниками напряжением до 1 кВ, и их защиты от токов перегрузки и короткого замыкания.

Выбор распределительных силовых шкафов и ящиков выполняется по:

1) расчетному току шкафа, А

$$I_p \leq I_{н.СШ (ПР)}, \quad (58)$$

где $I_{н.СШ (ПР)}$ – номинальный ток шкафа, распределительного пункта, А.

2) количеству отходящих линий;

3) степени защиты силового шкафа или распределительного пункта.

Для защиты отходящих линий только от токов КЗ, выбирают силовые шкафы с предохранителями, а для защиты от токов КЗ и токов перегрузки, выбирают распределительные пункты с автоматическими выключателями, технические данные которых приведены в приложении К.

Например, согласно таблице 8 расчетный ток СШ1

$$I_p \leq 30,74 \text{ А.}$$

Выбирается шкаф ШРС-1-23У3 (-53У3) согласно [16] или другой по таблице В1 приложения В, рассчитанный на ток 400 А и 8 присоединений. Остальные шкафы выбираются аналогично, сведения о них вносятся в таблицу 16.

Таблица 16 – Выбор распределительных шкафов

Группа	Количество присоединений n, шт	I_p , А	$I_{СШ}$, А	Марка шкафа
Заготовительное отделение СШ1	8	30,74	400	ШРС-1-23У3

3.4 Выбор марки и проводников кабелей

В зависимости от выбранной схемы цеховых сетей они конструктивно могут быть выполнены комплектными шинопроводами или кабельными линиями, проложенными открыто или скрыто с учетом следующих ограничений [17]:

1) в помещениях с химически активной средой необходимо использовать кабели с изоляцией, инертной к химически агрессивной среде (например, ПВХ);

2) в пожароопасных – кабели с негорючим наружным слоем, например, защитные герметичные оболочки кабелей из негорючей резины (АНРГ) или негорючего поливинилхлорида (АПВГнг);

3) во взрывоопасных зонах любого класса использовать только бронированные кабели;

4) во взрывоопасных зонах классов В-I и В-IIа использовать бронированные кабели только с медными жилами;

5) во взрывоопасных зонах всех классов запрещается использовать кабели с полиэтиленовой изоляцией и полиэтиленовой защитной оболочкой.

Рекомендации к выбору марки кабеля приведены в таблицах Г.1 – Г.8 приложения Г.

Например, для питания электроприемника №1 выбирается четыре одножильных провода АПВ, а для питания шинопровода ШР-1 выбирается четырехжильный кабель с алюминиевыми жилами, поливинилхлоридной изоляцией и поливинилхлоридной оболочкой – АВВГ.

3.5 Выбор сечения проводов и кабелей по нагреву

Сечения проводов и кабелей силовых линий выбираются по нагреву расчетным током.

Условия выбора - сравнение расчетного тока линии с длительно допустимым током проводника, A , с учетом поправочных коэффициентов

$$I_p \leq I_{\text{доп}} \cdot k_{п1} \cdot k_{п2}, A \quad (59)$$

где I_p – расчетный ток линии, А;

$I_{\text{доп}}$ – длительно допустимый, табличный ток проводника, А;

$k_{п1}$ – поправочный коэффициент, учитывающий условия охлаждения проводника и зависящий от температуры окружающей среды;

$k_{п2}$ – поправочный коэффициент, зависящий от способа прокладки проводников.

Расчетный ток линии, питающей одиночный электроприемник, принимается равным номинальному току нагрузки этого электроприемника, А

$$I_p = I_n, \quad (60)$$

где I_n – номинальный ток электроприемника, А.

Для линии, питающей многодвигательный агрегат с одновременным пуском электродвигателей, расчетный ток нагрузки равен сумме номинальных токов двигателей, А

$$I_p = \sum_{i=1}^n I_{ni}, \quad (61)$$

или

$$I_p = \frac{P_n}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos\varphi}, \quad (62)$$

где P_n – номинальная мощность многодвигательного агрегата, кВт;

U_n – номинальное напряжение, В;

$\cos\varphi$ – коэффициент мощности электроприемника.

Например, расчетный ток линии, питающей электроприемник №1 - отрезной станок с ножовочной пилой согласно (61) по таблице исходных данных:

$$I_p = 4,24 \text{ А.}$$

Для магистралей и радиальных распределительных линий используется значение расчетного тока группы электроприемников, полученное при расчете нагрузки соответствующей группы электроприемников.

Например, расчетный ток линии, питающей шинопровод ШП-1, согласно таблице 8

$$I_p = 23,69 \text{ А.}$$

Значения длительно допустимого тока для проводов с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией, кабелей с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией, гибких кабелей и кабелей других марок приведены в таблицах Д.1 – Д.4, Д.6 приложения Д, нормативной и справочной литературе [5, 18] для кабелей с изоляцией из сшитого полиэтилена – в таблице Д.6 приложения Д.

Поправочный коэффициент необходимо учитывать во всех случаях отклонения температуры окружающей среды от нормированной и совместной прокладке нескольких кабелей. Значения поправочных коэффициентов в зависимости от температуры окружающей среды для разных видов изоляции жил и способа прокладки кабелей в коробах приведены в таблицах Д.7 и Д.8 приложения Д согласно [5].

Для электроприемников с повторно-кратковременным режимом работы питаемых проводниками с медными жилами сечением более 6 мм² и алюминиевыми жилами сечением более 10 мм² расчетный ток приводится к длительному режиму работы поправкой на коэффициент $K_{ПВ}$ определяемый по формуле

$$K_{ПВ} = \frac{0,875}{\sqrt{ПВ}}, \quad (63)$$

где ПВ – относительная продолжительность включения в отн. ед;

0,875 – коэффициент запаса.

Расчетный ток определится, А

$$I_p = I_n \frac{0,875}{\sqrt{ПВ}}. \quad (64)$$

Во взрывоопасных зонах сечения кабелей для линий, питающих асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, выбирают по условию сравнения расчетного и длительно допустимого тока, А, с учетом поправочных коэффициентов

$$1,25 \cdot I_p = I_{доп} \cdot k_{п1} \cdot k_{п2}. \quad (65)$$

Например, для предприятий Оренбургской области характерна летняя температура воздуха в помещении цеха +30 °С.

Сечение проводников, прокладываемых в трубе для питания электроприемника №1 с $I_p = 4,24 \text{ А}$ определится следующим образом.

Ближайшее большее значение для трех одножильных проводов минимально допустимого сечения по механической прочности (для проводников с алюминиевыми жилами $S_{\text{мин}} = 2,5 \text{ мм}^2$), проложенных в трубе $I_{\text{доп}} = 19 \text{ А}$ по таблице Д.1 приложения Д согласно [5]. Поправочный коэффициент $k_{\text{п1}} = 0,94$, $k_{\text{п2}} = 1$ по таблице Д.7 приложения Д согласно [5],

$$4,24 \leq 19 \cdot 0,94 \cdot 1 \text{ А}$$

$$4,24 \leq 17,86 \text{ А}$$

Выбранное сечение удовлетворяет условиям нагрева при заданных условиях прокладки. Окончательно принимается провод АПВ 3(1×2,5) сечением $2,5 \text{ мм}^2$, прокладываемый в трубе.

Определим сечение кабеля марки АВВГ для питания шинопровода ШР1 с $I_p = 23,69 \text{ А}$ проложенного в металлической трубе.

Ближайшее большее значение сечения для четырехжильного кабеля, проложенного в лотке, принимаем 4 мм^2 с $I_{\text{доп}} = 27 \text{ А}$ по таблице Д.2 приложения Д согласно [5]. Учитываем выбор четырехжильного кабеля по таблице для трехжильных поправкой 0,92. Поправочный коэффициент $k_{\text{п1}} = 0,94$, $k_{\text{п2}}$ для семи кабелей проложенных однослойно в лотке на участке от РУНН до ответвления к ШР1 при $K_{\text{и}} = 0,2$ согласно [5] не применяется.

$$23,69 \leq 27 \cdot 0,92 \cdot 0,94 \text{ А}$$

$$23,18 \leq 23,35 \text{ А.}$$

Выбранное сечение удовлетворяет условиям нагрева при заданных условиях прокладки. Окончательно принимается кабель АВВГ 3×4+1×2,5 сечением 4 мм^2 фазные жилы и $2,5 \text{ мм}^2$ нулевая жила.

Сечение остальных проводников выбирается аналогично. Результаты выбора вносятся в таблицу 17.

Таблица 17 – Результаты выбора марки и сечения проводников

Участок	I_p , А	$I_{\text{доп}}$, А	$k_{\text{п1}}$	$I_{\text{доп-попр}}$, А	Марка	S , мм^2	l , м	Способ прокл.
ШР1 – ЭП1	4,24	19	0,94	17,86	АПВ 3(1×2,5)	2,5	5	Труба
РУНН-ШР1	23,69	27	0,94	23,35	АВВГ3×4+1×2,5	4	27	Лоток

Заключение

Результатом выполнения представленных в данном издании трех лабораторно-практических заданий является приобретение студентами навыков работы с компоновочным планом цеха промышленного предприятия, ведения практического расчета электрической нагрузки силовых электроприемников цеха и выбора марки и сечения проводников.

В тексте лабораторно-практических работ приводятся ссылки на современные литературные и нормативные источники, данные которых, дублируются в таблицах приложений.

Используемое описание алгоритмов составления вычислительных формул в табличном процессоре Excel, представляет студентам возможность самостоятельно автоматизировать расчет нагрузки групп трехфазных и однофазных электроприемников цеха промышленного предприятия с использованием официально принятой, на настоящей момент времени, методики.

Успешное выполнение всех заданий лабораторно-практических работ зависит от аккуратной планомерной работы под руководством преподавателя студентами очного отделения и самостоятельно, по предусмотренному графику – студентами заочного отделения.

Список использованных источников

- 1 Электрические нагрузки промышленных предприятий / С. Д. Волобринский [и др.]. - М.; Л.: Энергия, 1964. - 304 с.
- 2 Мукосеев, Ю. Л. Электроснабжение промышленных предприятий: учеб. для вузов / Ю. Л. Мукосеев . - М. : Энергия, 1973. - 584 с.
- 3 Указания по расчету электрических нагрузок. РТМ 36.18.32.4-92 / Инструктивные и информационные материалы по проектированию электроустановок. – 1992. -№7. –8. С. 4–28.
- 4 Пособие к указаниям по расчету электрических нагрузок: пособие, (вторая редакция) –М., 1993. – Режим доступа: <http://www.complexdoc.ru/ntdtext/481196>
- 5 Правила устройства электроустановок. - Вып. 8.- 6-е и 7-е изд. - Новосибирск : Новосиб. ун-т, 2007. - 854 с.
- 6 Официальный сайт разработчиков системы Компас 3D. – Режим доступа: <http://kompas.ru/>
- 7 Справочные данные по расчетным коэффициентам электрических нагрузок, шифр М788-1069/ ВНИПИ Тяжпромэлектропроект, 1990.
- 8 Справочник по электроснабжению промышленных предприятий: Промышленные электрические сети / под общ. ред. А. А. Федорова, Г. В. Сербиновского .- 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Энергия, 1980. - 576 с.
- 9 Федоров, А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий /А.А. Федоров 2-е изд., перераб. и доп. –М.: Энергия, 1972. - 416 с.
- 10 Кабышев, А.В., Расчет и проектирование систем электроснабжения: Справочные материалы по электрооборудованию: учеб. пособие / А.В. Кабышев, С.Г. Обухов, Том. политехн. ун-т. – Томск, 2005. – 168 с.
- 11 Каталог основных изделий. Часть 1. Высоковольтное оборудование / ЗАО «Орский завод электромонтажных изделий», 2010 – Режим доступа: <http://ozemi.orgus.ru/katalog.html>.
- 12 Каталог / ОАО «Самарский завод электромонтажных изделий», 2011 – Режим доступа: <http://www.szemi.ru/razdely-sayta/katalog-252.html>.

13 Каталог / ЗАО "Группа компаний «Электрощит»-ТМ «Самара», 2011 – Режим доступа: <http://www.electroshield.ru/catalog/>

14 НТП ЭПП-94. Нормы технологического проектирования электроснабжения промышленных предприятий. -М.: ВНИПИ Тяжпромэлектропроект,1994. – 67 с.

15 Энергетика, оборудование, документация. Оборудование. Технические характеристики шинопроводов ШРА-4, 2011 – Режим доступа: <http://forca.ru/spravka/shiny-i-tokoprovody/tehnicheskie-harakteristiki-shinoprovodov-shra-4.html>

16 Шкафы распределительные силовые серии ШРС: Каталог / ЗАО «МПУ Уралэнерго». 2011 – Режим доступа: <http://www.zavodue.ru/cat/shkafy-raspredehitelnye/>

17 Информационный сайт электриков по ремонту и монтажу электрооборудования. – Режим доступа: <http://www.electro-mc.ru/tables/tables.htm>.

18 Оборудование электрических станций, подстанций и линий электропередач. Оборудование. Кабели. <http://forca.ru/spravka/task,showcat/catid,30/>

Приложение А (справочное)

Справочные данные для определения электрической нагрузки

Таблица А.1 - Коэффициент использования установленной мощности отдельных электроприемников

Механизмы и аппараты	$K_{и}$	$\cos\varphi$
Металлорежущие станки мелкосерийного производства с нормальным режимом работы (мелкие токарные, строгальные, долбежные, фрезерные, сверлильные, карусельные, точильные, расточные).	0,12-0,14	0,5
То же при крупносерийном производстве.	0,16	0,6
То же при тяжелом режиме работы (штамповочные прессы, автоматы, револьверные, обдирочные, зубофрезерные, а также крупные токарные, строгальные, фрезерные, карусельные, расточные станки).	0,17-0,25	0,65
Переносный электроинструмент	0,06	0,65
Вентиляторы, санитарно-техническая вентиляция	0,6-0,8	0,8-0,85
Насосы, компрессоры, дизель-генераторы и двигатель-генераторы	0,7-0,8	0,8-0,85
Краны, тельферы, кран-балки при ПВ = 25 %	0,06	0,5
То же при ПВ = 40 %	0,1	0,5
Приводы молотов, ковочных машин, волочильных станков, очистных барабанов, бегунов и др.	0,2-0,24	0,65
Сварочные трансформаторы дуговой сварки	0,25-0,3	0,35-0,4
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
Сварочные машины 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 автоматической загрузкой изделий, сушильные шкафы, нагревательные приборы	0,75-0,8	0,95
Печи сопротивления с неавтоматической загрузкой изделий	0,5	0,95
Вентиляторы высокого давления	0,75	0,85
Вентиляторы к дробилкам	0,4-0,5	0,7-0,75
Люминесцентные лампы	0,85-0,9	0,95

Таблица А.2 – Коэффициент расчетной нагрузки для групп электроприемников
2 уровня

n_{Σ}	Коэффициент использования $K_{и}$								
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14	1,0
2	6,22	4,33	3,39	2,45	1,98	1,60	1,33	1,14	1,0
3	4,05	2,89	2,31	1,74	1,45	1,34	1,22	1,14	1,0
4	3,24	2,35	1,91	1,47	1,25	1,21	1,12	1,06	1,0
5	2,84	2,09	1,72	1,35	1,16	1,16	1,08	1,03	1,0
6	2,64	1,96	1,62	1,28	1,14	1,13	1,06	1,01	1,0
7	2,49	1,86	1,54	1,23	1,12	1,10	1,04	1,0	1,0
8	2,37	1,78	1,48	1,19	1,10	1,08	1,02	1,0	1,0
9	2,27	1,71	1,43	1,16	1,09	1,07	1,01	1,0	1,0
10	2,18	1,65	1,39	1,13	1,07	1,05	1,0	1,0	1,0
11	2,11	1,61	1,35	1,1	1,06	1,04	1,0	1,0	1,0
12	2,04	1,56	1,32	1,08	1,05	1,03	1,0	1,0	1,0
13	1,99	1,52	1,29	1,06	1,04	1,01	1,0	1,0	1,0
14	1,94	1,49	1,27	1,05	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0
15	1,89	1,46	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
16	1,85	1,43	1,23	1,02	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
17	1,81	1,41	1,21	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
18	1,78	1,39	1,19	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
19	1,75	1,36	1,17	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
20	1,72	1,35	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
21	1,69	1,33	1,15	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
22	1,67	1,31	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
23	1,64	1,30	1,12	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
24	1,62	1,28	1,11	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
25	1,6	1,27	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
30	1,51	1,21	1,05	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
35	1,44	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
40	1,4	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
45	1,35	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
50	1,3	1,07	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
60	1,25	1,03	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
70	1,2	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
80	1,16	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
90	1,13	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
100	1,1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Таблица А.3 – Коэффициент расчетной нагрузки для групп электроприемников 3 уровня

n_{Σ}	Коэффициент использования $K_{и}$							
	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7 и более
1	8,00	5,33	4,00	2,67	2,00	1,60	1,33	1,14
2	5,01	3,44	2,69	1,9	1,52	1,24	1,11	1,0
3	2,94	2,17	1,8	1,42	1,23	1,14	1,08	1,0
4	2,28	1,73	1,46	1,19	1,06	1,04	1,0	0,97
5	1,31	1,12;	1,02	1,0	0,98	0,96	0,94	0,93
6 - 8	1,2	1,0	0,96	0,95	0,94	0,93	0,92	0,91
9 – 10	1,1	0,97:	0,91	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
10 – 25	0,8	0,8	0,8	0,85	0,85	0,85	0,9	0,9
25 - 50	0,75	0,75:	0,75	0,75	0,75	0,8	0,85	0,85
Более 50	0,65	0,65;	0,65	0,7	0,7	0,75	0,8	0,8

Приложение Б (справочное)

Справочные данные для выбора шинопроводов

Таблица Б.1 - Основные технические данные распределительных шинопроводов серии ШРА 4

Параметр	Шинопровод		
	ШРА4-250	ШРА4-400	ШРА4-630
Номинальный ток, А	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220		
Сечение токоведущих шин, мм	35x5	50x5	80x5
Электродинамическая стойкость, кА	25	35	40
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,21	0,15	0,095
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,21	0,17	0,11
Потеря напряжения на участке 100 м, В	6,35	7,6	7,7
Степень защиты	IP 32	IP 32	IP 32

Таблица Б.2 - Основные технические данные распределительных шинопроводов серий ШРА 73, ШРМ-75 и ШРА-74

Параметр	ШРА-73			ШРМ-75		ШРА-74	
	250	400	630	100	250	400	630
Номинальное напряжение, В	380/220						
Сечение токоведущих шин, мм	35 x 5	50 x 5	80 x 5	3,6 x 11,2	35 x 5	50 x 5	80x5
Электродинамическая стойкость, кА	25	35	40	10	15	35	40
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,20	0,13	0,085	-	0,15	0,15	0,14
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,10	0,10	0,075	-	0,20	0,20	0,10
Потеря напряжения на участке 100 м, В		11,5	12,5		9,5		
Степень защиты	IP 32	IP 32	IP 32	IP 32	IP 32	IP 32	IP 32

Примечание. Заводы изготавливают распределительные шинопроводы ШРА-У-2-1, ШРА-У-4-1, ШРА-У-6-1 на номинальные токи соответственно 250, 400, 630 А, напряжение 500 В в исполнении IP20.

Таблица Б.3 - Основные технические данные магистральных шинопроводов серий ШМА16, ШМА73 и ШМА68Н

Показатель	ШМА16	ШМА73, ШМА73П	ШМА68-Н	
			2500	4000
Номинальный ток, А	1600	1600	2500	4000
Номинальное напряжение, В	380/220	660/380		
Сечение токоведущих шин, мм	2(100x10)	2(90x8)	2(120x10)	2(160x12)
Электродинамическая стойкость, кА	70	70	70	100
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,018	0,031	0,020	0,013
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,012	0,022	0,020	0,015
Потеря напряжения на участке 100 м, В		11,5	13,5	16,5

Таблица Б.4 - Основные технические данные магистральных шинопроводов серий ШМА 76, ШЗМ 16 и ШМА 4

Показатель	ШЗМ 16	ШМА 4
		1250
Номинальный ток, А	1600	1250
Номинальное напряжение, В	660/380	
Сечение токоведущих шин, мм	2(100x10)	
Электродинамическая стойкость, кА	70	70/50
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,017	0,034
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,012	0,016
Потеря напряжения на участке 100 м, В		
Степень защиты	IP31	IP44

Таблица Б.5 - Основные технические данные осветительных шинопроводов серии ШОС2, ШОС4, ШОС80

Показатель	ШОС2-25-44	ШОС4-25-44	ШОС80-43
			16
Номинальный ток, А	25	25	16
Номинальное напряжение, В	220	380/220	220
Сечение проводника, мм ²	6	6	
Электродинамическая стойкость к ударному току КЗ, кА	3	3	3
Потеря напряжения на участке 100м, В	6,1	6,1	
Степень защиты	IP44	IP44	IP43

Таблица Б.6 - Основные технические данные осветительных шинопроводов серий ШОС67, ШОС73, ШОС73А

Показатель	ШОС67	ШОС73	ШОС73А
Номинальный ток, А	25	100	63
Номинальное напряжение, В	380/220	380/220	380/220
Электродинамическая стойкость к ударному току КЗ, кА	-	5	5
Номинальный ток штепселя, А	10	10	10
Степень защиты	IP32	IP32	IP32

Таблица Б.7 - Основные технические данные троллейных шинопроводов серии ШМТ-А

Показатель	ШМТ-А	
Номинальный ток, А	250	400
Номинальный ток токоъемника, А	40;63;100	100;160
Номинальное напряжение, В	660	
Электродинамическая стойкость, кА	10	15
Активное сопротивление на фазу, Ом/км	0,255	0,15
Реактивное сопротивление на фазу, Ом/км	0,15	0,15
Потеря напряжения на участке 100 м, В	12,7	14,53
Материал троллеев	АД31Т	
Степень защиты	IP21	

Приложение В (справочное)

Справочные данные для выбора распределительных силовых шкафов и пунктов

Шкафы распределительные ШР11

Распределительные силовые шкафы ШР11 (ШРС-11) предназначены для приема и распределения электрической энергии. Шкафы рассчитаны на номинальные токи до 400 А и номинальное напряжение до 380 В трехфазного переменного тока частотой 50 Гц и с защитой отходящих линий предохранителями НПН2-60 (до 63 А), ПН2-100 (до 100 А), ПН2-250 (до 250 А), ПН2-400 (до 400 А). Ввод и вывод проводов и кабелей предусмотрены снизу и сверху шкафа. Наибольшее число и сечение жил проводов или кабелей, присоединяемых к одному вводному зажиму для шкафов на номинальный ток:

- 250 А - 2x95 мм²;
- 400А - 2x150 мм².

Ударный ток при номинальном токе шкафа:

- 250 А - не менее 10 кА;
- 400 А - не менее 25 кА.

ШР-11 в отличие от шкафов ШРС-1 имеют дополнительные возможности для применения. Так, в шкафах серий ШР-11-73511 .. 73517 на вводе установлены предохранители ПН2-400, а в шкафах 73518 .. 73523 предусмотрены два ввода. В остальном конструкция и схемы этих шкафов идентичны. В шкафах с пятью отходящими линиями ширина — 500 мм.

Структура условного обозначения:

ШР	-	11	-	7	3	X	XX	-	X	XX
1		2		3	4	5	6		7	8

1 – шкаф распределительный;

- 2 – номер разработки;
- 3 – исполнение (7 – напольное);
- 4 – высота шкафа (3 – 1600 мм.);
- 5 – ширина шкафа (5 – 700 мм., 7 – 500 мм.);
- 6 – номер схемы шкафа;
- 7 – степень защиты (22 – IP22, 54 – IP54);
- 8 – климатическое исполнение и категория размещения.

Типовые электрические схемы ШР11 приведены на рисунках В1 а-г.

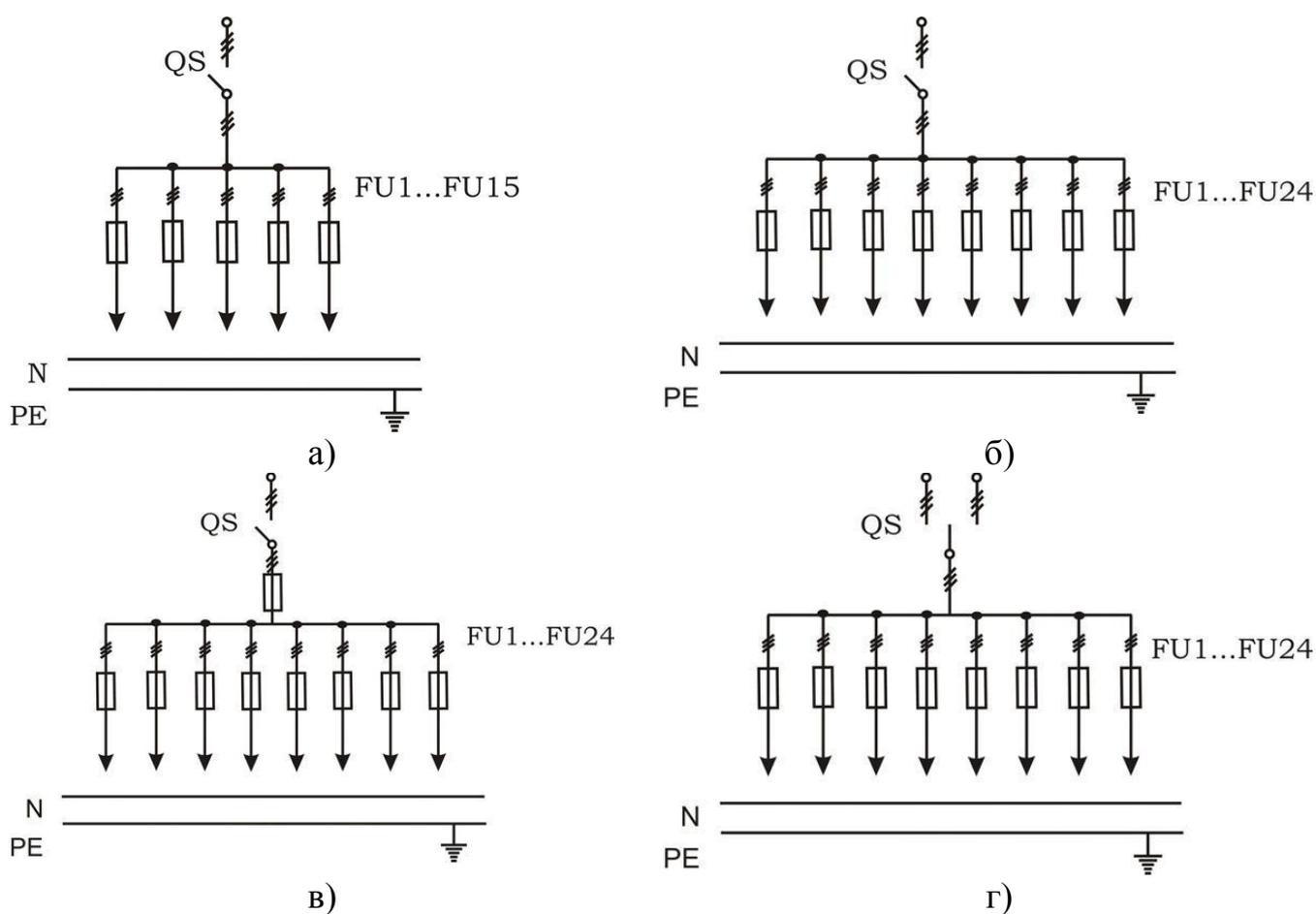


Рисунок В.1 а-г типовые электрические схемы шкафа ШР-11

Номинальный ток шкафа и некоторые другие параметры шкафа приведены в таблице В.1

Таблица В.1 – Основные характеристики шкафа ШР-11

Тип шкафа	Номинальный ток, А	№ схемы	тип предохранителей и количество отходящих линий		
			ППН-33 63А	ППН-33 100А	ППН-35 250А
ШР11 73701-22У3 (54У2)	250	а	5	-	-
ШР11 73702-22У3(54У2)			-	5	-
ШР11 73702-22У3 (54У2)			2	3	-
ШР11 73707-22У3 (54У2)	400		-	3	2
ШР11 73708-22У3 (54У2)			-	-	5
ШР11 73504-22У3 (54У2)	400		б	8	-
ШР11 73505-22У3 (54У2)		-		8	-
ШР11 73506-22У3 (54У2)		-		-	8
ШР11 73509-22У3 (54У2)		4		4	-
ШР11 73510-22У3 (54У2)		2		4	2
ШР11 73511-22У3 (54У2)		-		6	2
ШР11 73512-22У3 (54У2)	400	в	8	-	-
ШР11 73513-22У3 (54У2)			-	8	-
ШР11 73514-22У3 (54У2)			-	-	8
ШР11 73515-22У3 (54У2)			4	4	-
ШР11 73516-22У3 (54У2)			2	4	2
ШР11 73517-22У3 (54У2)			-	6	2
ШР11 73518-22У3 (54У2)	400	г	8	-	-
ШР11 73519-22У3 (54У2)			-	8	-
ШР11 73520-22У3 (54У2)			-	-	8
ШР11 73521-22У3 (54У2)			4	4	-
ШР11 73522-22У3 (54У2)			2	4	2
ШР11 73523-22У3 (54У2)			-	6	2

Пункты распределительные ПР11

Пункты распределительные серии ПР11 предназначены для распределения электрической энергии, защиты электрических установок при перегрузках и токах короткого замыкания, для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей и пусков асинхронных двигателей.

Классифицируются ПР11 по номинальному току вводного аппарата, электрическим схемам и способу установки (в нишу, настенный, напольный).

Пункты распределительные ПР11 могут комплектоваться автоматическими выключателями различных серий и модификаций. В них может быть установлена дополнительная аппаратура: УЗО, дифференциальные автоматы, рубильники и т.д.

Пункты распределительные серии ПР11, изготавливаются в виде металлического шкафа с дверцей, внутри которого установлена аппаратура. Ввод питающих кабелей и отходящих линий осуществляется как сверху, так и снизу через съемные дно и крышу. Монтажная панель, с выведенными органами управления аппаратов, исключает доступ к токоведущим частям шкафа.

Условия эксплуатации:

- температура окружающего воздуха от -5 °С до + 40 °С;
- высота над уровнем моря не более 2000 м;
- окружающая среда не взрывоопасная, не содержащая токопроводящей пыли, агрессивных газов или паров, разрушающих металлы и изоляцию.

Структура условного обозначения:

ПР	11	-	X	XXX	-	XX	-	XX
1	2		3	4		5		6

1 – пункт распределительный;

2 – номер разработки;

3 – способ установки (1 – утопленный; 3 – навесной; 7 – напольный);

4 – номер схемы;

5 – степень защиты (31 – IP31, 54 – IP54);

6 – климатическое исполнение и категория размещения.

Коммутационная аппаратура и габаритные размеры.

Типы встраиваемых автоматических выключателей:

на вводе,

ВА 57-35, ВА 57Ф35 на токи до 250 А;

ВА 04-36, ВА 52-37 на токи до 400 А;

ВА 57-39 на токи до 630 А;

на отходящих линиях,

ВА 47-29 однополюсные, на токи до 63 А;

ВА 47-29, ВА 47-100, АЕ 2046М, ВА 57-31 трехполюсные, на токи до 100 А

ВА 57-35, ВА 57Ф35 на токи до 250 А;

ВА 04-36, ВА 52-37 на токи 400 А.

Типовые электрические схемы ПР-11 приведены на рисунке В.4 а-г

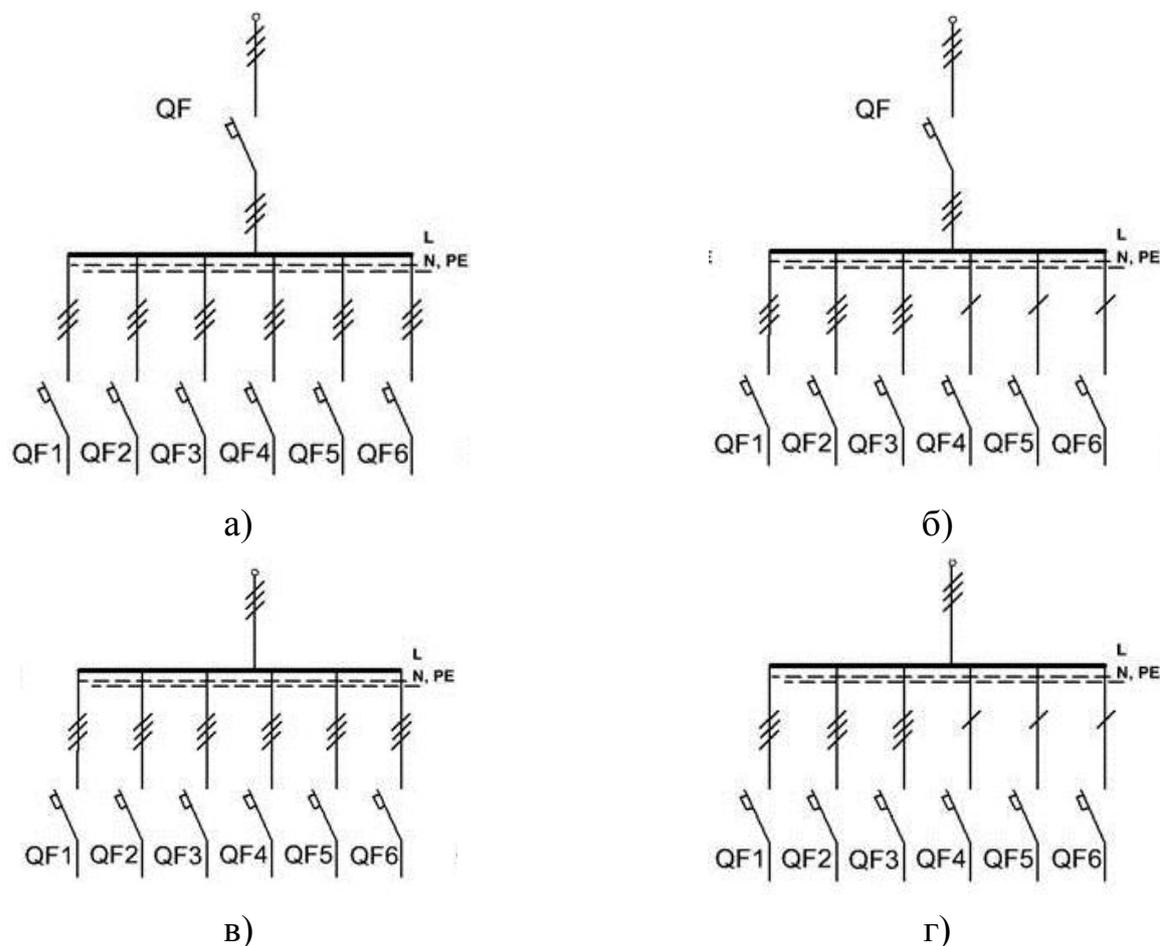


Рисунок В.4 а-г типовые электрические схемы пункта ПР-11

При выборе необходимо указать:

- наименование и тип пункта согласно структуре условного обозначения;
- указать номинальный ток выключателей ввода и распределения;
- номер технических условий.

Пример записи обозначения пункта навесного исполнения со степенью защиты IP31, с вводным автоматическим выключателем на ток 400 А, на отходящих линиях: с однополюсным автоматическим выключателем на ток 25 А – 18шт., с трехполюсным автоматическим выключателем на ток 100А – 4шт - ПР11 3112-21У3.

Номинальный ток и некоторые другие технические характеристики пункта серии ПР-11 приведены в таблице В.2.

Таблица В.2 – Основные технические характеристики пункта ПР-11

Тип	Наличие вводного выключателя	Номинальный ток шкафа, А	Количество автоматических выключателей	
			1-п.	3-п.
1	2	3	4	5
ПР11-1045-21У3	-	100	6	-
ПР11-3045-21У3 (54У1)				
ПР11-1046-21У3	1	100	6	-
ПР11-3046-21У3 (54У1)				
ПР11-1047-21У3	-	100	-	2
ПР11-3047-21У3 (54У1)				
ПР11-1048-21У3	1	100	-	2
ПР11-3048-21У3 (54У1)				
ПР11-1049-21У3	-	100	3	1
ПР11-3049-21У3 (54У1)				
ПР11-1050-21У3	1	100	3	1
ПР11-3050-21У3 (54У3)				
ПР11-1051-21У3	-	250	12	-
ПР11-3051-21У3 (54У1)				
ПР11-1052-21У3	1	250	12	-
ПР11-3052-21У3 (54У1)				
ПР11-1053-21У3	-	250	-	4
ПР11-3053-21У3 (54У1)				
ПР11-1054-21У3	1	250	-	4
ПР11-3054-21У3 (54У3)				
ПР11-1055-21У3	-	250	6	2
ПР11-3055-21У3 (54У1)				
ПР11-1056-21У3	1	250	6	2
ПР11-3056-21У3 (54У3)				
ПР11-1057-21У3	-	250	18	-
ПР11-3057-21У3 (54У1)				
ПР11-1058-21У3	1	250	18	-
ПР11-3058-21У3 (54У3)				
ПР11-1059-21У3	-	250	-	6
ПР11-3059-21У3 (54У1)				
ПР11-1060-2 У3	1	250	-	6
ПР11-3060-21У3 (54У3)				
ПР11-1061-21У3	-	250	12	2
ПР11-3061-21У3 (54У1)				

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5
ПР11-1062-21У3	1	250	12	2
ПР11-3062-21У3 (54У3)				
ПР11-1063-21У3	-	250	6	4
ПР11-1063-21У3 (54У1)				
ПР11-1064-21У3	1	250	6	4
ПР11-3064-21У3 (54У3)				
ПР11-1065-21У3	-	250	24	-
ПР11-3065-21У3 (54У1)				
ПР11-1066-21У3	1	250	24	-
ПР11-3066-21У3 (54У3)				
ПР11-1067-21У3	-	250	-	8
ПР11-3067-21У3 (54У1)				
ПР11-1068-21У3	1	250	-	8
ПР11-3068-21У3 (54У3)				
ПР11-1069-21У3	-	250	18	2
ПР11-3069-21У3 (54У1)				
ПР11-1070-21У3	1	250	18	2
ПР11-3070-21У3 (54У3)				
ПР11-1071-21У3	-	250	12	4
ПР11-3071-21У3 (54У1)				
ПР11-1072-21У3	1	250	12	4
ПР11-3072-21У3 (54У3)				
ПР11-1073-21У3	-	250	6	6
ПР11-3073-21У3 (54У1)				
ПР11-1074-21У3	1	250	6	6
ПР11-3074-21У3 (54У3)				
ПР11-1075-21У3	-	250	30	-
ПР11-3075-21У3 (54У1)				
ПР11-1076-21У3	1	250	30	-
ПР11-3076-21У3 (54У3)				
ПР11-1077-21У3	-	250	-	10
ПР11-3077-21У3 (54У1)				
ПР11-7077-21У3 (54У3)				
ПР11-1078-21У3	1	250	-	10
ПР11-3078-21У3 (54У3)				
ПР11-7078-21У3 (54У3)				
ПР11-1079-21У3	-	250	24	2
ПР11-3079-21У3 (54У1)				
ПР11-1080-21У3	1	250	24	2
ПР11-3080-21У3 (54У3)				

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5
ПР11-1081-21УЗ	-	250	18	4
ПР11-3081-21УЗ (54У1)				
ПР11-1082-21УЗ	1	250	18	4
ПР11-3082-21УЗ (54У1)				
ПР11-1083-21УЗ	-	250	12	6
ПР11-3083-21УЗ (54У3)				
ПР11-1084-21УЗ	1	250	12	6
ПР11-3084-21УЗ (54У3)				
ПР11-1085-21УЗ	-	250	6	8
ПР11-3085-54У1 (54У1)				
ПР11-1086-21УЗ	1	250	6	8
ПР11-3086-21УЗ (54У3)				
ПР11-1087-21УЗ	-	400	18	-
ПР11-3087-21УЗ (54У1)				
ПР11-1088-21УЗ	1	400	18	-
ПР11-3088-21УЗ (54У3)				
ПР11-1089-21УЗ	-	400	-	6
ПР11-3089-21УЗ (54У1)				
ПР11-1090-21УЗ	1	400	-	6
ПР11-3090-21УЗ (54У3)				
ПР11-1091-21УЗ	-	400	12	2
ПР11-3091-21УЗ (54У1)				
ПР11-1092-21УЗ	1	400	12	2
ПР11-3092-21УЗ (54У3)				
ПР11-1093-21УЗ	-	400	6	4
ПР11-3093-21УЗ (54У1)				
ПР11-1094-21УЗ	1	400	6	4
ПР11-3094-21УЗ (54У3)				
ПР11-1095-21УЗ	-	400	24	-
ПР11-3095-21УЗ (54У1)				
ПР11-1096-21УЗ	1	400	24	-
ПР11-3096-21УЗ (54У3)				
ПР11-1097-21УЗ	-	400	-	8
ПР11-3097-21УЗ (54У1)				
ПР11-1098-21УЗ	1	400	-	8
ПР11-3098-21УЗ (54У3)				
ПР11-1099-21УЗ	-	400	18	2
ПР11-3099-21УЗ (54У1)				
ПР11-1100-21УЗ	1	400	18	2
ПР11-3100-21УЗ (54У3)				

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5
ПР11-1101-21УЗ	-	400	12	4
ПР11-3101-21УЗ (54У1)				
ПР11-1102-21УЗ	1	400	12	4
ПР11-3102-21УЗ (54У3)				
ПР11-1103-21УЗ	-	400	6	6
ПР11-3103-21УЗ (54У1)				
ПР11-1104-21УЗ	1	400	6	6
ПР11-3104-21УЗ (54У3)				
ПР11-1105-21УЗ	-	400	30	-
ПР11-3105-21УЗ (54У1)				
ПР11-1106-21УЗ	1	400	30	-
ПР11-3106-21УЗ (54У3)				
ПР11-1107-21УЗ	-	400	-	10
ПР11-3107-21УЗ (54У1)				
ПР11-7107-21УЗ (54У1)				
ПР11-1108-21УЗ	1	400	-	10
ПР11-3108-21УЗ (54У3)				
ПР11-7108-21УЗ (54У3)				
ПР11-1109-21УЗ	-	400	24	2
ПР11-3109-21УЗ (54У1)				
ПР11-1110-21УЗ	1	400	24	2
ПР11-3110-21УЗ (54У3)				
ПР11-1111-21УЗ	-	400	18	4
ПР11-3111-21УЗ (54У3)				
ПР11-1112-21УЗ	1	400	18	4
ПР11-3112-21УЗ (54У3)				
ПР11-1113-21УЗ	-	400	12	6
ПР11-3113-21УЗ (54У1)				
ПР11-1114-21УЗ	1	400	12	6
ПР11-3114-21УЗ (54У3)				
ПР11-1115-21УЗ	-	400	6	8
ПР11-3115-21УЗ (54У1)				
ПР11-1116-21УЗ	1	400	6	8
ПР11-3116-21УЗ (54У3)				
ПР11-3117-21УЗ (54У1)	-	250	-	4
ПР11-3118-21УЗ (54У3)	1	250	-	4
ПР11-3119-21УЗ (54У1)	-	400	-	6
ПР11-7119-21УЗ (54У1)				
ПР11-3120-21УЗ (54У3)	1	400	-	6
ПР11-7120-21УЗ (54У3)				

Продолжение таблицы В.2

1	2	3	4	5
ПР11-3121-21У3 (54У1)	-	630	-	8
ПР11-7121-21У3 (54У1)				
ПР11-3122-21У3 (54У3)	1	630	-	8
ПР11-7122-21У3 (54У3)				
ПР11-7123-21У3 (54У1)	-	630	-	12
ПР11-7124-21У3 (54У3)	1	630	-	12

Пункты распределительные серии ПР 8500

Пункты распределительные ПР8501, ПР8503 предназначены для распределения электрической энергии, защиты электрических установок при перегрузках и токах короткого замыкания, для нечастых оперативных включений и отключений электрических цепей и пусков асинхронных двигателей.

Пункт распределительный ПР8501, ПР8503 классифицируется по номинальному току вводного аппарата, электрическим схемам, способу установки (в нишу, настенный, напольный).

Пункты распределительные ПР8500 могут комплектоваться автоматическими выключателями различных серий и модификаций. По желанию заказчика, в них может быть установлена дополнительная аппаратура: УЗО, дифференциальные автоматы, рубильники и т.д.

Структура условного обозначения:

ПР 8 X XX - X XXX - XX XX
 1 2 3 4 5 6 7 8

1 – пункт распределительный;

2 – обозначение класса низковольтного коммутационного устройства ввода и распределения электроэнергии;

3 – распределение электроэнергии с применением автоматических выключателей (5 – переменного тока, 7 – постоянного тока);

4 – порядковый номер серии;

5 - способ установки (1 – навесной; 2 – напольный; 3 – утопленный);

6 – номер схемы;

7 – степень защиты оболочки, обозначение ввода кабеля (1 – IP21, ввод сверху, 2 – IP54 ввод сверху, 3 – IP21, ввод снизу, 4 – IP54 ввод снизу);

8 – климатическое исполнение и категория размещения.

Конструкция распределительных пунктов серии ПР8500 идентичны конструкции ПР-11, показанные на рисунке В.3.

Типы встраиваемых автоматических выключателей:

на вводе,

ВА 57-35, ВА 57Ф35 на токи до 250 А;

ВА 04-36, ВА 52-37 на токи до 400 А;

ВА 57-39 на токи до 630 А;

на отходящих линиях,

ВА 47-29 однополюсные, на токи до 63 А;

ВА 47-29, ВА 47-100, АЕ 2046М, ВА 57-31 трехполюсные, на токи до 100 А;

ВА 57-35, ВА 57Ф35 на токи до 250 А;

ВА 04-36, ВА 52-37 на токи 400 А.

Номинальный ток и некоторые другие технические характеристики пункта серии ПР-8500 приведены в таблице В.3

Таблица В.3 – Основные технические характеристики пункта ПР-8500

Тип	Наличие вводного выключателя	Номинальный ток пункта, А	Количество автоматических выключателей		
			1-п. от 10 до 63, А	3-п. от 10 до 100 А	3-п. от 160 до 250 А
ПР8501-001-21УЗ	-	160	3	-	-
ПР8501-002-21УЗ	-	160	6	-	-
ПР8501-003-21УЗ	-	160	3	1	-
ПР8501-004-21УЗ	-	160	-	2	-
ПР8501-005-21УЗ	-	160	12	-	-
ПР8501-006-21УЗ	-	160	6	2	-
ПР8501-007-21УЗ	-	160	-	4	-
ПР8501-008-21УЗ	-	160	18	-	-
ПР8501-009-21УЗ	-	160	12	2	-
ПР8501-010-21УЗ	-	160	6	4	-
ПР8501-011-21УЗ	-	160	-	6	-

Продолжение таблицы В.3

Тип	Наличие вводного выключателя	Номинальный ток пункта, А	Количество автоматических выключателей		
			1-п. от 10 до 63, А	3-п. от 10 до 100 А	3-п. от 160 до 250 А
ПР8501-012-21У3	-	250	12	-	-
ПР8501-013-21У3	-	250	6	2	-
ПР8501-014-21У3	-	250	-	4	-
ПР8501-015-21У3	-	250	18	-	-
ПР8501-016-21У3	-	250	12	2	-
ПР8501-017-21У3	-	250	6	4	-
ПР8501-018-21У3	-	250	-	6	-
ПР8501-019-21У3	-	250	24	-	-
ПР8501-020-21У3	-	250	18	2	-
ПР8501-021-21У3	-	250	12	4	-
ПР8501-022-21У3	-	250	6	6	-
ПР8501-023-21У3	-	250	-	8	-
ПР8501-024-21У3	-	250	30	-	-
ПР8501-025-21У3	-	250	24	2	-
ПР8501-026-21У3	-	250	18	4	-
ПР8501-027-21У3	-	250	12	6	-
ПР8501-028-21У3	-	250	6	8	-
ПР8501-029-21У3	-	250	-	10	-
ПР8501-030-21У3	-	400	18	-	-
ПР8501-031-21У3	-	400	12	2	-
ПР8501-032-21У3	-	400	6	4	-
ПР8501-033-21У3	-	400	-	6	-
ПР8501-034-21У3	-	400	24	-	-
ПР8501-035-21У3	-	400	18	2	-
ПР8501-036-21У3	-	400	12	-	-
ПР8501-037-21У3	-	400	6	6	-
ПР8501-038-21У3	-	400	-	8	-
ПР8501-039-21У3	-	400	30	-	-
ПР8501-040-21У3	-	400	24	2	-
ПР8501-041-21У3	-	400	18	4	-
ПР8501-042-21У3	-	400	12	6	-
ПР8501-043-21У3	-	400	6	8	-
ПР8501-044-21У3	-	400	-	10	-
ПР8501-045-21У3	1	160	3	-	-
ПР8501-046-21У3	1	160	6	-	-
ПР8501-047-21У3	1	160	3	1	-

Продолжение таблицы В.3

Тип	Наличие вводного выключателя	Номинальный ток пункта, А	Количество автоматических выключателей		
			1-п. от 10 до 63, А	3-п. от 10 до 100 А	3-п. от 160 до 250 А
ПР8501-048-21У3	1	160	-	2	-
ПР8501-049-21У3	1	160	12	-	-
ПР8501-050-21У3	1	160	6	2	-
ПР8501-051-21У3	1	160	-	4	-
ПР8501-052-21У3	1	160	18	4	-
ПР8501-053-21У3	1	160	12	2	-
ПР8501-054-21У3	1	160	6	4	-
ПР8501-055-21У3	1	160	-	6	-
ПР8501-056-21У3	1	160	12	-	-
ПР8501-057-21У3	1	160	6	2	-
ПР8501-058-21У3	1	160	-	4	-
ПР8501-059-21У3	1	250	18	-	-
ПР8501-060-21У3	1	250	12	2	-
ПР8501-061-21У3	1	250	6	4	-
ПР8501-062-21У3	1	250	-	6	-
ПР8501-063-21У3	1	250	24	-	-
ПР8501-064-21У3	1	250	18	2	-
ПР8501-065-21У3	1	250	12	4	-
ПР8501-066-21У3	1	250	6	6	-
ПР8501-067-21У3	1	250	-	8	-
ПР8501-068-21У3	1	250	30	-	-
ПР8501-069-21У3	1	250	24	2	-
ПР8501-070-21У3	1	250	18	4	-
ПР8501-071-21У3	1	250	12	6	-
ПР8501-072-21У3	1	250	6	8	-
ПР8501-073-21У3	1	250	-	10	-
ПР8501-074-21У3	1	400	-	4	-
ПР8501-075-21У3	1	400	-	18	-
ПР8501-076-21У3	1	400	12	2	-
ПР8501-077-21У3	1	400	6	4	-
ПР8501-078-21У3	1	400	24	-	-
ПР8501-079-21У3	1	400	-	6	-
ПР8501-080-21У3	1	400	18	2	-
ПР8501-081-21У3	1	400	12	4	-
ПР8501-082-21У3	1	400	6	6	-
ПР8501-083-21У3	1	400	-	8	-
ПР8501-084-21У3	1	400	30	-	-

Продолжение таблицы В.3

Тип	Наличие вводного выключателя	Номинальный ток пункта, А	Количество автоматических выключателей		
			1-п. от 10 до 63, А	3-п. от 10 до 100 А	3-п. от 160 до 250 А
ПР8501-085-21У3	1	400	24	2	-
ПР8501-086-21У3	1	400	18	4	-
ПР8501-087-21У3	1	400	12	6	-
ПР8501-088-21У3	1	400	6	8	-
ПР8501-089-21У3	1	400	-	10	-
ПР8501-090-21У3	1	630	-	6	-
ПР8501-091-21У3	1	630	-	8	-
ПР8501-092-21У3	1	630	-	10	-
ПР8501-093-21У3	1	630	-	12	-
ПР8501-094-21У3	1	630	-	-	4
ПР8501-095-21У3	1	630	-	2	2
ПР8501-096-21У3	1	630	-	4	2
ПР8501-097-21У3	1	630	-	6	2
ПР8501-098-21У3	1	630	-	8	2
ПР8501-099-21У3	1	400	-	4	-
ПР8501-100-21У3	1	400	-	18	-
ПР8501-101-21У3	1	400	12	2	-
ПР8501-102-21У3	1	400	6	4	-
ПР8501-103-21У3	1	400	-	6	-
ПР8501-104-21У3	1	400	24	-	-
ПР8501-105-21У3	1	400	18	2	-
ПР8501-106-21У3	1	400	12	4	-
ПР8501-107-21У3	1	400	6	6	-
ПР8501-108-21У3	1	400	-	8	-
ПР8501-109-21У3	1	400	30	-	-
ПР8501-110-21У3	1	400	24	2	-
ПР8501-111-21У3	1	400	18	4	-
ПР8501-112-21У3	1	400	12	6	-
ПР8501-113-21У3	1	400	6	8	-
ПР8501-114-21У3	1	400	-	10	-
ПР8501-115-21У3	1	630	-	6	-
ПР8501-116-21У3	1	630	-	8	-
ПР8501-117-21У3	1	630	-	10	-
ПР8501-118-21У3	1	630	-	12	-
ПР8501-119-21У3	1	630	-	-	4
ПР8501-120-21У3	1	630	-	2	2
ПР8501-121-21У3	1	630	-	4	2
ПР8501-122-21У3	1	630	-	6	2

Продолжение таблицы В.3

Тип	Наличие вводного выключателя	Номинальный ток пункта, А	Количество автоматических выключателей		
			1-п. от 10 до 63, А	3-п. от 10 до 100 А	3-п. от 160 до 250 А
ПР8501-123-21У3	1	630	-	8	2
ПР8501-124-21У3	1	400	-	4	-
ПР8501-125-21У3	1	400	-	18	-
ПР8501-126-21У3	1	400	12	2	-
ПР8501-127-21У3	1	400	6	4	-
ПР8501-128-21У3	1	400	-	6	-
ПР8501-129-21У3	1	400	24	-	-
ПР8501-130-21У3	1	400	18	2	-
ПР8501-131-21У3	1	400	12	4	-
ПР8501-132-21У3	1	400	6	6	-
ПР8501-133-21У3	1	400	-	8	-
ПР8501-134-21У3	1	400	30	-	-
ПР8501-135-21У3	1	400	24	2	-
ПР8501-136-21У3	1	400	18	4	-
ПР8501-137-21У3	1	400	12	6	-
ПР8501-138-21У3	1	400	6	8	-
ПР8501-139-21У3	1	400	-	10	-
ПР8501-140-21У3	1	630	-	6	-
ПР8501-141-21У3	1	630	-	8	-
ПР8501-142-21У3	1	630	-	10	-
ПР8501-143-21У3	1	630	-	12	-
ПР8501-144-21У3	1	630	-	-	4
ПР8501-145-21У3	1	630	-	2	2
ПР8501-146-21У3	1	630	-	4	2
ПР8501-147-21У3	1	630	-	6	2
ПР8501-148-21У3	1	630	-	8	2

Сведения о пунктах ПР8503 приводятся на сайте поставщика [16]

Типовые электрические схемы ПР8501, ПР8503 идентичны схемам пункта ПР-11, показанные на рисунке В4. Условия выбора и эксплуатации аналогичны условиям выбора пункта ПР-11

Пример обозначения пункта навесного исполнения со степенью защиты IP31, с вводным автоматическим выключателем на ток 400 А, с однополюсным автоматическим выключателем распределения на ток 25 А – 18шт., с трехполюсным автоматическим выключателем распределения на ток 100 А – 4шт. ПР8501 2087-21У3.

Приложение Г (справочное)

Справочные данные для выбора марки силовых кабелей и проводников

Таблица Г.1 - Допустимые способы прокладки кабелей и проводов во взрывоопасных зонах

Кабели, провода	Способ прокладки	Сети выше 1кВ	Силовые сети и вторичные цепи до 1кВ	Осветительные сети до 380 В
Бронированные кабели	Открыто - по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в коробах, на лотках, на тросах, кабельных и технологических эстакадах; в каналах. Скрыто - в земле (траншеях), в блоках.	В зонах любого класса ²⁾		
Небронированные кабели в резиновой, поливинилхлоридной и металлической оболочках.	Открыто: - при отсутствии механических и химических воздействий; по стенам и строительным конструкциям на скобах и кабельных конструкциях; в лотках; на тросах.	В-Іб В-Іг В-Іа	В-Іб В-Іг В-Іа	В-Іа В-Іб В-Іг В-Іа
	Открыто - в коробах	В-Іб В-Іг	В-Іа В-Іб В-Іг	В-Іа В-Іб В-Іг
	В каналах пылеуплотненных (например покрытых асфальтом), или засыпанных песком	В-ІІ В-Іа	В-ІІ В-Іа	В-ІІ В-Іа
	В трубах стальных водо-газопроводных - открыто и скрыто	В зонах любого класса		
Изолированные провода	В трубах стальных водо-газопроводных - открыто и скрыто	В зонах любого класса		

1) Для искробезопасных цепей во взрывоопасных зонах любого класса разрешаются все перечисленные способы прокладки проводов и кабелей.

2) В зонах классов В-ІІ и В-Іа целесообразно избегать применения лотков и коробов, а бронированные кабели прокладывать на кабельных конструкциях, имеющих узкие горизонтальные поверхности и установленным на ребро на расстоянии от стены не менее 20 мм.

Таблица Г.2 - Марки кабелей для открытой прокладки во взрывоопасных зонах

Марка кабеля	Классы взрывоопасных зон					
	В-I	В-Ia	В-Iб	В-Iг	В-II	В-IIa
Кабели в силовых сетях для стационарных установок до 1000 В.						
ВБбШв, ВРБГз, СБГУ	Р	Р	Д	Д	Д	Д
АВВГз, АВРГз	-	-	Р	Р	-	Р
АСШвУ, АСГУ, ААГУ	-	-	Р	-	-	Р
АВБбШв	-	-	Д	Р	Р	Д
АВРБГз, АСБГУ	-	-	Д	Д	Р	Д
ААШвУнг	-	-	Д	Р	Д	Д
<u>Осветительные сети</u>						
ВВГз, ВРГз, НРГз	-	Р	Д	Д	-	Д
АВВГз, АВРГз, ААРГз	-	-	Р	Р	-	Р
ВБВ	Р	Р	Д	Д	Д	Д
АВБВ	-	-	Р	Р	Р	Р
Сети передвижных установок до 1000 В						
КПГСН, КПГС	Р	Р	Р	Р	Р	Р
КПГН	Д	Р	Р	Р	Р	Р
КГН, КГ	-	Д	Р	Д	Д	Р

Примечание:

- 1) Условные обозначения: Р – рекомендуется; Д – допускается; «-» запрещено применение.
- 2) Марки кабелей расположены в порядке их предпочтительного применения.
- 3) Кабели, предназначенные для применения в зонах высших классов, с учетом технико-экономической целесообразности допускается применять в зонах низших классов.
- 4) Трех- и четырехжильные кабели должны иметь в сечении круглую форму.
- 5) Для искробезопасных цепей управления применяют те же марки кабелей, что и для силовых цепей. При количестве жил в кабеле более четырех рекомендуется применять кабели марок НРШМ, НГРШМ.
- 6) Кабели ВБВ и АВБВ в настоящее время не выпускаются.

Таблица Г.3 - Базовые марки силовых кабелей 0,66 - 6 кВ

Марка кабеля	Материал жил	Изоляция	Оболочка	Защитный покров
АПВГ	А	П	В	отсутствует
ПВГ	М	П	В	отсутствует
АВВГ	А	В	В	отсутствует
ВВГ	М	В	В	отсутствует
АВВГз	А	В (с заполнением)	В	отсутствует
ВВГз	М	В (с заполнением)	В	отсутствует
АПвВГ	А	Пв	В	отсутствует
ПвВГ	М	Пв	В	отсутствует
АПБбШв	А	П	отсутствует	БбШв
ПБбШв	М	П	отсутствует	БбШв
АВБбШв	А	В	отсутствует	БбШв
ВБбШв	М	В	отсутствует	БбШв
АПвБбШв	А	Пв	отсутствует	БбШв
ПвБбШв	М	Пв	отсутствует	БбШв

АПБбШв, ПБбШв, АВБбШв, ВБбШв, АПвБбШв, ПвБбШв - кабели предназначенные для всех перечисленных выше областей применения (кроме прокладки в блоках), но при наличии опасности механических повреждений в процессе их эксплуатации.

АПВГ, ПВГ, АВВГ, ВВГ, АПвВГ, ПвВГ - кабели предназначенные для прокладки в сухих и влажных производственных помещениях, на специальных кабельных эстакадах, в блоках.

АВВГз и ВВГз - кабели этих марок применяют для электроснабжения электроустановок, которые требуют уплотнения кабелей при вводе, и они рекомендованы для прокладки в земле с отсутствием возможности механических повреждений, низкой коррозионной активностью и растягивающих усилий.

Для марок кабелей АВВГ, ВВГ, АВБбШв, ВБбШв в тропическом исполнении в обозначении через дефис добавляют букву «Т», кабелей в плоском исполнении - через дефис букву «П», кабелей с однопроволочными жилами - буквы «ОЖ» в скобках.

Таблица Г.4 - Характеристики проводов, шнуров и кабелей с медными и алюминиевыми жилами и резиновой или полихлорвиниловой изоляцией

Марка	Основные характеристики	U _н , В	Сечение, мм ²
ПРТО-2000	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одно- и многожильный в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи для прокладки в стальных трубах (двух- и трех- жильные провода могут иметь нулевую жилу)	2000	Одножильные 1-500. Двух-, трех- и четырехжильные 1-120
АПРТО-2000	То же, с алюминиевыми жилами	2000	Одножильные 2,5-400
ПРТО-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одно- и многожильный в общей оплетке из хлопчатобумажной пряжи для прокладки в стальных трубах	500	То же, что и ПРТО-2000
АПРТО-500	То же, с алюминиевыми жилами	500	То же, что и АПРТО-2000
ПР-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, одножильный в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	500	Одножильные 0,75-400
АПР-500	То же, с алюминиевыми жилами	500	Одножильные 2,5-400
ПРГ-500	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, гибкий, одножильный в пропитанной оплетке из хлопчатобумажной пряжи	500	Одножильные 0,75-400
ТПРФ	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией в трубчатой металлической оболочке	500	Одно-, двух-, трех- и четырехжильные 1-10
ПРП	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией в металлической оплетке	500	Одно-, двух-, трех- и четырехжильные 1-95
ПРД	Провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный (шнуроподобный)	380	0,5-6
АР	Арматурный провод с медной жилой, с резиновой изоляцией, одножильный (допускается для зарядки светильников, устанавливаемых в помещениях без повышенной опасности)	220	0,5 и 0,75
АРД	Арматурный провод с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный (допускается для зарядки светильников, устанавливаемых в помещениях без повышенной опасности)	220	0,5 и 0,75

Продолжение таблицы Г.4

Марка	Основные характеристики	U _н , В	Сечение, мм ²
ПВ	Провод одножильный с медной жилой, с полихлорвиниловой изоляцией (для прокладки внутри зданий открыто и в трубах)	500	0,75-95
ПГВ	То же, гибкий	500	0,75-95
АПВ	То же, с алюминиевыми жилами	500	2,5-95
ППВ	Провод с медными параллельно уложенными жилами, изолированными полихлорвиниловым пластикатом	500	Двух- и трехжильные 0,75-2,5
АППВ	То же, с алюминиевыми жилами	500	Двух- и трехжильные 2,5-4
АПН	Провод с алюминиевыми параллельно уложенными жилами, изолированными найритовой изоляцией	500	Одножильные 2,5-6 Двух- и трехжильные 2,5-4
АТРГ	Провод для тросовых электропроводок внутри и вне помещений, с алюминиевыми жилами и найритовой изоляцией. Не допускается применять во взрывоопасных помещениях и во взрывоопасных наружных установках	500	Трехжильные 4-6 Четырехжильные 4-25
ШР	Шнур с медными жилами, с резиновой изоляцией, двухжильный	220	0,5-1,5
КПРТ	Кабель с медными жилами, с резиновой изоляцией в шланговой оболочке	500	Одно-, двух-, трех- и четырехжильные 2,5-70
СРГ, СРБ, СРП, СРБГ, СРПГ, АСРГ, АСРБ, АСРБГ, АСРП, АСРПГ	Кабель с медными жилами, одно-, двух-, трех- и четырехжильный, с резиновой изоляцией, освинцованный, голый (Г), бронированный плоскими стальными лентами (Б) или стальными проволоками (П)	500	Одножильные 1-240, двух-, трех и четырехжильные 4-185
ВРБ, ВРГ, ВРБГ, АВРГ, АВРБГ	То же, в полихлорвиниловой оболочке (обозначения, аналогичные обозначениям освинцованных кабелей с резиновой изоляцией)	500	1-185; ВРГ одножильный 1-240;
НРБ, НРГ, НРБГ, АНРБ, АНРГ, АНРБГ	То же, в резиновой маслостойкой и негорючей оболочке	500	Двух-, трех- и четырехжильные 4-185

Таблица Г.5 - Характеристики кабелей с пластмассовой изоляцией, напряжением до 1 кВ

Марка	Основные характеристики	Сечение, мм ²
АВВ-1	Кабель силовой с алюминиевой секционированной жилой, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката для электроснабжение пром. предприятий при температуре окр. среды от -50°С до + 50°С	1×1000 1×1500
ВВГ-1	Кабель силовой с медными жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках при номинальном напряжении 1 кВ частотой 50 Гц.	трех- и четырех- жильные 35 - 150
АВВГ-1	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката.	трех- и четырех- жильные 35 - 150
АВВГнг-1	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией и оболочкой из поливинилхлоридного пластиката пониженной горючести для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках при номинальном напряжении 1 кВ частотой 50 Гц для атомных электростанций.	трех- и четырех- жильные 35 - 150
ВБбШв-1	Кабель с медными жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, бронированный для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках, а также в сетях постоянного тока	трех- и четырех- жильные 35 - 150
АВБбШв-1	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, бронированный стальными лентами, с защитным шлангом из ПВХ пластиката.	трех- и четырех- жильные 35 - 150
АПсВГ-1	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из самозатухающего полиэтилена в поливинилхлоридной оболочке	четырёхжильные 35 - 150
АПсБвШв-1	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, бронированный стальными лентами, с защитным шлангом из ПВХ пластиката	четырёхжильные 35 - 150
АПВГ-1	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из полиэтилена, в поливинилхлоридной оболочке предназначен для для передачи и распределения электроэнергии в стационарных установках при номинальном напряжении 1 кВ, частотой 50 Гц.	четырёхжильные 35 - 150
АПСбШв-1	Кабель с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, бронированный стальными лентами, с защитным шлангом из ПВХ пластиката	трех- и четырех- жильные 35 - 150

Продолжение таблицы Г.5

Марка	Основные характеристики	Сечение, мм ²
АВБбШнг-1	Кабель силовой с алюминиевыми жилами, с изоляцией из поливинилхлоридного пластиката, бронированный стальными лентами, с защитным шлангом из ПВХ пластиката пониженной горючести. Преимущественная область применения в стационарных установках при номинальном напряжении 1 кВ, частотой 50 Гц для прокладки в кабельных сооружениях и помещениях, в том числе в пожаро- и взрывоопасных зонах при отсутствии растягивающих усилий.	трех- и четырех- жильные 35 - 150
ВБбШнг	То же с медными жилами	трех- и четырех- жильные 35 - 150

Таблица Г.6 - Характеристика кабелей из силанольносшитого полиэтилена на напряжение до 1 кВ

Марка	Преимущественная область применения
АПвВГ ПвВГ	Для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях, помещениях при условии отсутствия опасности механических повреждений. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите.
АПвВГнг ПвВГнг	То же, для групповой прокладки
АПвБбШв ПвБбШв	Для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. Допускается групповая прокладка в кабельных сооружениях при условии применения дополнительных мер по огнезащите, например, нанесения огнезащитных мастик
АПвБбШнг ПвБбШнг	Для групповой прокладки в кабельных сооружениях, помещениях
АПвБбШп ПвБбШп	Для прокладки в земле (траншеях), за исключением пучинистых и просадочных грунтов, и для прокладки одиночных кабельных линий в кабельных сооружениях. Могут быть проложены в земле (траншеях) независимо от коррозионной активности грунтов и грунтовых вод. Могут быть проложены в грунтах с повышенной влажностью и в воде

Таблица Г.7 - Характеристика гибких кабелей с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке

Марка	Характеристика	Преимущественная область применения	Сечение, мм ²
КГ	С медными жилами, с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке	Для присоединения передвижных ГММ к электрическим сетям напряжением до 660 В, при изгибах с радиусом не менее 8 диаметров кабеля, при температуре окружающей среды от -40 до +50°С	трех- и четырехжильные 0,75-120
КГН	То же, но в резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горение	То же, но при возможности попадания на оболочку кабеля масла, бензина и других агрессивных веществ, при температуре окружающей среды от -30 до +50 °С	трех- и четырехжильные 0,75-120
КПГ	С медными жилами повышенной гибкости, с резиновой изоляцией, в резиновой оболочке	Для присоединения передвижных ГММ к электрическим сетям напряжением до 660 В, при изгибах с радиусом не менее 5 диаметров кабеля, при температуре окружающей среды от -50 до +50 °С	четырежильные 0,75-70
КПГН	То же, но в резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горение	То же, но при возможности попадания на оболочку дезинфицирующих и агрессивных веществ (в том числе масла), при температуре окружающей среды от -30 до +50°С	четырежильные 0,75 - 70
КПГС	С медными жилами повышенной гибкости, с резиновой изоляцией, с профилированным сердечником, в резиновой оболочке	При изгибах с радиусом не менее 5 диаметров кабеля, при возможности воздействия на кабель ударных и раздавливающих нагрузок, при температуре окружающей среды от -50 до +50 °С	четыре- 2,5-120, пяти- 2,5-6, шестижильные 4 - 50
КПГСН	То же, но в резиновой маслостойкой оболочке, не распространяющей горение	То же, но при возможности попадания на оболочку дезинфицирующих и агрессивных веществ (в том числе масла), при температуре окружающей среды от -30 до +50°С	четыре- 2,5-120, пяти- 2,5-6, шестижильные 4-50
КПГУ	С медными жилами повышенной гибкости, с резиновой изоляцией с заполнением, в резиновой оболочке	При изгибах с радиусом не менее 10 диаметров кабеля, при температуре окружающей среды от -50 до +50°С	трех- и четырехжильные 95-150

Кабели с пониженным дымо- и газовыделением ОАО «Севкабель»

ВВГнг-LS, АВВГнг-LS на напряжение до 0,66 кВ, 1 кВ ВВГнг-П LS, АВВГнг-П LS. Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением. Конструкция: жила: алюминиевая или медная (П — изолированные жилы уложены параллельно в одной плоскости); изоляция: ПВХ пониженной пожароопасности; защитные покрытия: оболочка из ПВХ пластика пониженной пожароопасности.

ВБбШв нг-LS, АВБбШв нг-LS на напряжение до 0,66 кВ, 1 кВ. Кабели силовые, не распространяющие горение с низким дымо- и газовыделением. Конструкция: жила - алюминиевая или медная; изоляция - сплошная ПВХ пониженной пожароопасности защитные покрытия - типа Шв.

Таблица Г.8 - Технические характеристики проводов и кабелей "Энерготерм"

ЭНЕРГОТЕРМ - 180М (ПТМК)	ЭНЕРГОТЕРМ - 400М (ПТМС)
Медная жила. Класс гибкости жил - 4 и 5. Число жил - 2, 3, 4. Сечение 0,75-35 мм ² . Изоляция из теплостойкого, безгалогенового полимера (возможно исполнение разного цвета). Безгалогеновое заполнение. Обмотка стеклолентой: вариант а) оплетка стекловолокном с органосиликатной пропиткой; вариант б) оболочка из теплостойкого безгалогенового полимера. Рабочая температура от -60 °С до +180 °С.	Медная жила. Класс гибкости жил - 4 и 5. Число жил - 1, 3, 4. Сечение 1,0-16 мм ² . Обмотка огнестойкими лентами с пропиткой. Обмотка стеклолентой. Обмотка стеклолентой. Оплетка стекловолокном с органосиликатной пропиткой. Рабочая температура -60 °С ... +400 °С.

Провода и кабели серии "Энерготерм" выпускают с высоким температурным индексом (-60 °С - 180 °С; 250 °С; 400 °С; 600 °С; 800 °С), высокой влагостойкостью и гибкостью; рабочее напряжение: 660 В.

Для применения в доменных, мартеновских, литейных цехах; на прокатных станах, участках термической обработки, нефтеперегонных колоннах; производство цемента, аммиака, стекла; теплоэлектростанции, атомные электростанции - все эти участки объединяет одно условие - высокая (до 1000 °С и выше) температура.

Приложение Д (справочное)

Справочные данные для выбора сечения силовых кабелей и проводников

Допустимые длительные токи для проводов с резиновой или поливинилхлоридной изоляцией, шнуров с резиновой изоляцией и кабелей с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках приведены в табл. Д.1 – Д.5. Они приняты для температур: жил +65, окружающего воздуха +25 и земли + 15°C.

При определении количества проводов, прокладываемых в одной трубе (или жил многожильного проводника), нулевой рабочий проводник четырехпроводной системы трехфазного тока, а также заземляющие и нулевые защитные проводники в расчет не принимаются.

Данные, содержащиеся в таблице Д.1, приложения Д, следует применять независимо от количества труб и места их прокладки (в воздухе, перекрытиях, и т.п.).

Допустимые длительные токи для проводов и кабелей, проложенных в коробах, а также в лотках пучками, должны приниматься: для проводов - по таблице Д.1 приложения Д, как для проводов, проложенных в трубах, для кабелей - по таблицам Д.2-Д.4 как для кабелей, проложенных в воздухе. При количестве одновременно нагруженных проводов более четырех, проложенных в трубах, коробах, а также в лотках пучками, токи для проводов должны приниматься по таблице Д.1 как для проводов, проложенных открыто (в воздухе), с введением снижающих коэффициентов, приведенных в таблице Д.7 и Д.8.

Для проводов вторичных цепей снижающие коэффициенты не вводятся. Длительные токи для проводов, проложенных в лотках, при однорядной прокладке (не в пучках) следует принимать, как для проводов, проложенных в воздухе.

Таблица Д.1 – Допустимые токовые нагрузки для провода с резиновой и поливинилхлоридной изоляцией проложенного открыто или в трубе

S, мм ²	Допустимые токовые нагрузки, А для провода											
	Проложенные открыто		Проложенные в трубе									
	Медные жилы	Алюминиевые жилы	Медные жилы					Алюминиевые жилы				
			Два одножильных	Три одножильных	Четыре одножильных	Один двухжильный	Один трехжильный	Два одножильных	Три одножильных	Четыре одножильных	Один двухжильный	Один трехжильный
0,5	11	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
0,75	15	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1,0	17	–	16	15	14	15	14	–	–	–	–	–
1,2	20	18	18	16	15	16	14,5	–	–	–	–	–
1,5	23	–	19	17	16	18	15	–	–	–	–	–
2	26	21	24	22	20	23	19	19	18	15	17	14
2,5	30	24	27	25	25	25	21	20	19	19	19	16
3	34	27	32	28	26	28	24	24	22	21	22	18
4	41	32	38	35	30	32	27	28	28	23	25	21
5	46	36	42	39	34	37	31	32	30	27	28	24
6	50	39	46	42	40	40	34	36	32	30	31	26
8	62	46	54	51	46	48	43	43	40	37	38	32
10	80	60	70	60	50	55	50	50	47	39	42	38
16	100	75	85	80	75	80	80	60	60	55	60	55
25	140	105	115	100	90	100	100	85	80	70	75	65
35	170	130	135	125	115	125	135	100	95	85	95	75
50	215	165	185	170	150	160	175	140	130	120	125	105
70	270	210	225	210	185	195	215	175	165	140	150	135
95	330	255	275	255	225	245	250	215	200	175	190	165
120	385	295	315	290	260	295	–	245	220	200	230	190
150	440	340	360	330	–	–	–	275	255	–	–	–
185	510	390	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
240	605	465	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
300	695	535	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
400	830	645	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Таблица Д.2 - Допустимый длительный ток для кабелей с алюминиевыми жилами с резиновой или пластмассовой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной и резиновой оболочках, бронированных и небронированных

S, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А				
	одножильных	двухжильных		трехжильных	
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
2,5	23	21	34	19	29
4	31	29	42	27	38
6	38	38	55	32	46
10	60	55	80	42	70
16	75	70	105	60	90
25	105	90	135	75	115
35	130	105	160	90	140
50	165	135	205	110	175
70	210	165	245	140	210
95	250	200	295	170	255
120	295	230	340	200	295
150	340	270	390	235	335
185	390	310	440	270	385
240	465	-	-	-	-

Таблица Д.3 - Допустимые токовые нагрузки трехжильных кабелей с СПЭ-изоляцией¹ на напряжение до 1 кВ

S, мм ²	Допустимые токовые нагрузки кабелей, А			
	медные жилы		алюминиевые жилы	
	в земле	в воздухе	в земле	в воздухе
4	50	40	39	31
6	61	53	46	40
10	87	76	67	58
16	113	101	87	78
25	147	133	113	102
35	178	164	137	126
50	217	205	166	158
70	268	262	201	194
95	316	318	240	237
120	363	372	272	274
150	410	429	310	317
185	459	488	384	363
240	529	579	401	428

Примечания

1) Марки кабелей: АПВВГ (ПВВГ); АПВБШв (ПВБШв); АПВВнг-LS (ПВВнг-LS); АПВБШнг-LS (ПВБШнг-LS); АПВБШп (ПВБШп); АПВБШпг (ПВБШпг).

2) Во взрывоопасных зонах классов В-I, В-Iа может прокладываться кабель марки ПВБШнг-LS; во взрывоопасных зонах классов В-Iб, В-Iг, В-II, В-IIа – кабели марок АПВВнг-LS, ПВВнг-LS, АПВБШнг-LS.

Таблица Д.4 Допустимый длительный ток для проводов с медными жилами с резиновой изоляцией в металлических защитных оболочках и кабелей с медными жилами с резиновой изоляцией в свинцовой, поливинилхлоридной, найритовой или резиновой оболочке, бронированных и небронированных

S, мм ²	Ток, А, для проводов и кабелей				
	однопровольных	двухпроводных		трехпроводных	
	в воздухе	в воздухе	в земле	в воздухе	в земле
1,5	23	19	33	19	27
2,5	30	27	44	25	38
4	41	38	55	35	49
6	50	50	70	42	60
10	80	70	105	55	95
16	100	90	135	75	115
25	140	115	175	95	150
35	170	140	210	120	180
50	215	175	265	145	225
70	270	215	320	180	275
95	325	260	385	220	330
120	385	300	445	260	385
150	440	350	505	305	435
185	510	405	570	350	500
240	605	-	-	-	-

Токи относятся к проводам и кабелям как с нулевой жилой, так и без нее.

Допустимые длительные токи для четырехпроводных кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение до 1 кВ могут выбираться по таблице, как для трехпроводных кабелей, но с коэффициентом 0,92

Таблица Д.5 - Сечения основных, нулевых жил и жилы заземления кабелей

Жила	Номинальное сечение, мм ²										
	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Основная	10	16	25	35	50	70	95	120	150	185	240
Нулевая	6	10	16	16	25	25, 35	35, 50	35, 70	50, 70	50, 95	70, 120
Заземления	4	6	10	16	16	25	35	35	50	50	70

Таблица Д.6 - Допустимый ток гибких кабелей с резиновой изоляцией на напряжение до 1 кВ

Сечение жилы, мм ²	Одножильные	Двухжильные	Трехжильные
1,5	–	23	20
2,5	40	33	28
4	50	43	36
6	65	55	45
10	90	75	60
16	120	95	80
25	160	125	105
35	190	150	130
50	235	185	160
70	290	235	200

Токи относятся к шнурам, проводам и кабелям с нулевой жилой и без нее

Таблица Д.7 - Поправочные коэффициенты на токи для кабелей в зависимости от температуры воздуха

Материал изоляции жил кабеля	Значение k_p при температуре воздуха, °С					
	+25	+30	+35	+40	+45	+50
резиновая изоляция	1,00	0,91	0,82	0,71	0,58	0,41
поливинилхлоридная (ПВХ)	1,00	0,94	0,87	0,79	0,71	0,61
изоляция из сшитого полиэтилена	1,00	0,95	0,90	0,85	0,80	0,74

Таблица Д.8 - Значения поправочных коэффициентов для кабелей, прокладываемых в коробах

Способ прокладки	Количество проложенных проводов и кабелей		Снижающий коэффициент для проводников, питающих	
	одножильных	многожильных	отдельные ЭП с $K_{и} < 0,7$	группы ЭП и отдельные ЭП с $K_{и} > 0,7$
Многослойно и пучками	–	До 4	1,00	–
	2	5 – 6	0,85	–
	3 – 9	7 – 9	0,75	–
	10 – 11	10 – 11	0,70	–
	12 – 14	12 – 14	0,65	–
	15 – 18	15 – 18	0,60	–
Однослойно	2 – 4	2 – 4	–	0,67
	5	5	–	0,60

В остальных случаях $k_{п2} = 1$.

Таблица Д.9 - Сравнительные характеристики кабелей с ПВХ и изоляцией из силанольноштитого полиэтилена

Наименование параметра	Нормативное значение параметра	
	Кабель с изоляцией из ПВХ	Кабель с изоляцией из силанольноштитого полиэтилена
Электрическое сопротивление изоляции на 1 км длины при $t = 20$ °С, не менее, МОм/км	7	150
Длительно допустимая температура нагрева жилы, °С, не более	70	90
Длительно допустимая температура нагрева жилы в аварийном режиме, °С, не более	80	130
Максимально допустимая температура жил при коротком замыкании, °С, не более	160	250
Срок службы, лет, не менее	30	30
Максимальная разность уровней при прокладке, м, не более	Без ограничения разности уровней 7,5 Dн	Без ограничения разности уровней 7.5Dн
Минимальный радиус изгиба при прокладке, не менее (Dн - наружный диаметр кабеля)		