Disynergy
Страница материала ↗
EXQT
Готовые ответы — на EXQT
Доступ к ответам приобретается отдельно.
Найти ответы ↗

Образовательная автономная некоммерческая организация высшего образования

«МОСКОВСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ»

«УТВЕРЖДАЮ»
Ректор
_____ Ю.В.Вепринцева
«__»_____ 2026

МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ОСВЕТИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ И СВЕТИЛЬНИКОВ

Методические указания по выполнению курсовой работы

Специальность: 08.02.09 – Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий

Москва, 2025

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Содержание

1. Общие положения....3
2. Цели и задачи выполнения курсовой работы....5
3. Выбор варианта курсовой работы....5
4. Подбор и изучение источников....6
5. Требования к оформлению курсовой работы....7
6. Порядок защиты курсовой работы....9
7. Методика выполнения курсовой работы....11
ВВЕДЕНИЕ....12
1. Общая характеристика производственного цеха....14
2. Характеристики помещений производственного цеха....15
3. Основные требования к системе электрического освещения помещений производственного цеха....19
4. Выбор нормируемых показателей освещённости с учётом производственной деятельности цеха....22
5. Светотехнический расчёт помещений производственного цеха....24
6. Расчёт электрической нагрузки системы освещения....27
7. Выбор светильников и разработка плана размещения светильников....29
8. Разработка осветительной электрической сети помещений производственного цеха....31
9. Расчёт и выбор кабелей....34
10. Расчёт падения напряжения....36
11. Расчёт токов короткого замыкания....37
12. Выбор аппаратов защиты и коммутации....40
13. Управление системой электроосвещения....41
15. Мероприятия по охране труда....44
16. Мероприятия по электробезопасности и пожаробезопасности....46
17. Мероприятия по экологии....49
ЗАКЛЮЧЕНИЕ....53
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ....55
18. Варианты задания на курсовой проект....58
19. Варианты задания на разрабатывается технологическая ката....68

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

1. Общие положения

Прежде чем приступить к выполнению курсовой работы, студент должен четко разобраться в изучаемой дисциплине «Монтаж и эксплуатация осветительных сетей и светильников» и ясно представить себе значение этой дисциплины в процессе обучения по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий».

Дисциплина «Монтаж и эксплуатация осветительных сетей и светильников» содержит сведения о способах монтажа различных видов светильников и осветительных сетей промышленных и гражданских зданий. В современном производстве и строительстве используется большее количество различных светильников, их необходимо рассчитать, выбрать, установить, закрепить и подключить, эти работы называют – электромонтажными после окончания электромонтажных работ необходимо выполнить наладку этой системы.

В процессе написания курсовой работы происходит систематизация, закрепление и расширение знаний и навыков, приобретение опыта самостоятельной работы по организации поиска необходимой научной литературы, сбору и обработке информации в пределах конкретной темы исследования, а также изучение зарубежного опыта.

При написании курсовой работы обучающиеся должны показать умение использовать современные методы исследования, работать с источниками литературы, четко и логично излагать материал исследования, формулировать собственные выводы и предложения.

К курсовой работе, которая является самостоятельным научным трудом, предъявляются требования, такие как:

– глубокая теоретическая проработка исследуемых проблем на основе анализа специальной литературы;

– всестороннее использование данных, характеризующих деятельность объекта исследования;

– умелая систематизация цифровых данных в виде таблиц, графиков с необходимым анализом, обобщением и выявлением тенденций развития тех или иных энергетических систем;

– критический подход к изучаемым фактическим материалам в целях поиска резервов повышения эффективности деятельности объекта исследования;

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

– аргументированность выводов, обоснованность рекомендаций;
– логически последовательное изложение материала;
– оформление материала в соответствии с требованиями государственных стандартов.

Обучающемуся рекомендуется изучать все доступные ему источники. Следует помнить об огромном разнообразии явлений, их сложности, вследствие чего в процессе работы обучающий неминуемо столкнется со взаимно противоречивыми факторами. Поэтому только глубокий и всесторонний анализ позволит точно отразить основные тенденции развития изучаемого материала.

Структура курсовой работы должна включать следующие разделы:
– титульный лист (Приложение 1);
– содержание;
– введение;
– основная часть;
– заключение;
– список использованных источников;
– приложения (при наличии).

Выполненную курсовую работу необходимо сдать в деканат до конца семестра, в котором она предусмотрена.

Выполнение курсовой работы позволяет студентам получить навыки проектирования и выполнения электромонтажных работ осветительных сетей и светильников согласно требованиям. Эти работы выполняются на всех видах производственных и гражданских объектов в процессе строительства, поэтому выполнение электромонтажных работ является одним из этапов подготовки объектов к эксплуатации.

Работа студента над курсовым проектом предполагает изучение дисциплины (с проведением практических занятий) и наличие практических навыков работы по монтажу, эксплуатации осветительных сетей и светильников в процессе производственной практики.

2. Цели и задачи выполнения курсовой работы

Цель курсовой работы заключается в следующем:

– расширение, закрепление и систематизация теоретических знаний как по направлению обучения в целом, так и по дисциплине «Монтаж и эксплуатация осветительных сетей и светильников»;

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

– формирование и совершенствование практических навыков научно-исследовательской деятельности;

– формирование навыков ведения самостоятельных теоретических и практических исследований;

– приобретение опыта обработки, анализа и систематизации результатов практических (экспериментальных) исследований, а также в оценке их практической значимости и возможной области применения;

– привитие навыков работы с литературой, в том числе со справочной литературой, ГОСТами, нормами и типовыми проектными решениями и т.д.;

Основными **задачами** подготовки курсовой работы являются:

– формирование навыков работы с научной литературой, со справочниками и другими информационными источниками, в том числе электронными ресурсами;

– формирование навыков правильного оформления научно-исследовательской работы.

– формирование навыков научно оформлять и излагать свои мысли, выводы и результаты исследования.

3. Выбор варианта курсовой работы

Выбор варианта курсовой работы осуществляется согласно раздела 18 и 19 настоящего методического указания «*Варианты задания на курсовой проект*» и «*Варианты задания на разрабатывается технологическая ката*», исходя из номера договора на обучение.

Вариант задания выбирается в соответствии с шестизначной частью номера договора обучающегося (без учета слеша и года).

Например, для обучающегося с номером договора 502375/18, удаляем слеш и год поступления, получаем 502375. Последняя цифра – 5, следовательно, вариант №5 (в разделе 18). Предпоследняя цифра – 7, следовательно, вариант задания на разработку технологической карты, вариант 7 (в разделе 19).

4. Подбор и изучение источников

Обучающийся подбирает литературу из рекомендованной на кафедре и в электронной библиотечной системе Института http://www.e.lanbook.com, https://biblioclub.ru. Повышению качества курсовой работы по проблемно-поисковой и дискуссионной тематике способствует знание нормативно -

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

законодательных актов, относящихся к теме исследования.

Обучающийся может воспользоваться перечнем источников монографического характера.

Обучающимся рекомендуется изучить и использовать научные диссертационные исследования в предметной области.

Общее ознакомление с основными источниками (монографиями, статьями, информационно-справочной литературой) должно предшествовать составлению плана курсовой работы.

На начальном этапе ознакомления с материалами темы следует использовать учебную литературу, материалы лекций, статей, монографий. При использовании учебников, монографий, материалов конференций рекомендуется брать издания, которым не более 10 лет.

Для изучения периодических изданий обучающемуся необходимо вначале использовать последние в году номера журналов, где помещается указатель статей, опубликованных за год.

Рекомендуется знакомиться с источниками в порядке, обратном хронологическому, т.е. вначале следует изучить самые свежие публикации, а затем прошлогодние, двухгодичной давности и т.д. При использовании источников статистических данных необходимо также начинать изучение с данных за последние 3 года. Для более обоснованных выводов рекомендуется анализировать данные за 5 лет. Следует обратить особое внимание на источник данных. Если он не очень надежен, такие данные лучше не использовать в курсовой работе.

Целесообразно уделять внимание таким источникам как: электронные версии периодических изданий, учебников, материалов конференций. Имеется много сайтов, посвященных статистическим данным, финансово-экономической информации, электронным версиям журналов, форумам, электронным книгам и пр.

При написании практического раздела курсовой работы рекомендуется обратить особое внимание на материалы, публикуемые в периодических изданиях. Именно там обучающий может найти информацию, касающуюся его вопроса, рассмотренного на примере уже конкретных организаций или предприятий. Это может быть и методика анализа, и система показателей, и пример бизнес-плана, и пр.

Подбирая литературу, необходимо работать только с той информацией, которая относится непосредственно к теме. Основная задача обучающегося на данном этапе - разобраться и понять, что пишут по данной проблеме авторы,

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

на какие аспекты они больше обращают внимание, под каким углом зрения рассматривается данный вопрос и пр.

5. Требования к оформлению курсовой работы

Пояснительная записка оформляется в соответствии с «Общими требованиями к текстовым документам» ГОСТ 2.105 - 2019, ГОСТ 3.1127 - 93, ГОСТ Р 34.11 - 2018, ГОСТ Р 7.0.97-2016. Документ должен быть отпечатан на принтере (на одной стороне листа) на стандартных листах белой бумаги формата А4 (210 х 297 мм). Все листы пронумеровываются.

Наличие рамки и штампа на листах пояснительной записки не является обязательным. Объем пояснительной записки должен быть не менее 15 - 20 страниц.

Ввод текста следует осуществлять со следующими параметрами:

- шрифта Times New Roman;
- размер шрифта основного текста - 14, в таблицах -12;
- межстрочный интервал – 1,5;
- выравнивание текста производится по ширине страницы;
- отступ первой строки абзаца (красной строки) устанавливается 1,25 см;
- поля: размер левого поля 30 мм, правого - 10 мм, верхнего 20 мм, нижнего 20 мм;
- таблицы и рисунки выполняются на отдельных страницах или по тексту без «обтекания» текстом.

Разделы (главы) должны быть пронумерованы арабскими цифрами с точкой в пределах всей пояснительной записки.

Подразделы должны иметь порядковые номера в пределах каждого раздела. Номер подраздела состоит из номера раздела и подраздела, разделенных точками (например, **2.1 Выбор типа обмотки**: номер 2.1 означает первый параграф второй главы).

При написании заголовков разделов (глав), подразделов (параграфов) и пунктов в тексте пояснительной записки следует соблюдать следующие правила. Заголовки разделов (глав) пишутся (печатаются) заглавными буквами с абзаца. Если заголовок состоит из двух или более предложений, они разделяются точками. Новый раздел (глава) должен начинаться с новой страницы. В случае если текст разделов небольшой, допустимо размещать на одном листе более одного раздела. Расстояние между заголовком и последующим текстом или названием подраздела (параграфа) должно

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

составлять два межстрочных интервала, а между заголовком и последней строкой предыдущего текста три межстрочных интервала.

Иллюстративный материал может располагаться в работе непосредственно в составе текста, в котором он упоминается впервые, или после него. На все иллюстрации должны быть ссылки в работе. Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, документы, рисунки, снимки), должны быть пронумерованы и иметь названия под иллюстрацией. Нумерация иллюстраций должна быть сквозной по всему тексту выпускной письменной квалификационной работы. Слово «Рисунок» пишется полностью. Каждая иллюстрация помимо номера должна иметь название. Подпись располагают в центре под рисунком без точки в конце. Название начинается с прописной буквы (например, Рисунок 2 – Структура системы управления технического обслуживания электрооборудования).

Таблицы в письменной экзаменационной работе располагаются непосредственно после текста, в котором они упоминается впервые, или на следующей странице. На все таблицы должны быть ссылки в тексте. Нумерация таблиц должна быть сквозной по всему тексту. Слово «Таблица» и ее порядковый номер (без знака №) пишется сверху самой таблицы в правой стороне.

Заголовок в таблицах указывают, как правило, в именительном падеже единственного числа. Начинаются заголовки с прописных букв, а подзаголовки со строчных, если они составляют одно предложение с заголовком, и начинаются с прописных, если они самостоятельные. Заголовок таблицы не подчеркивается и в кавычки не берется.

При переносе таблицы на другую страницу головку таблицы повторяют и над ней пишут слова “Продолжение табл.…” (с указанием ее номера). Если головка таблицы громоздка, допускается ее не повторять; в этом случае нумеруют графы и повторяют их номера на следующей странице. Заголовок таблицы не повторяется.

Формулы приводятся сначала в буквенном выражении, затем дается расшифровка входящих в них индексов, величин, в той же последовательности, в которой они даны в формуле. Уравнения и формулы следует выделять из текста в отдельную строку. Уравнения и формулы нумеруются в круглых скобках справа от формулы. Нумерация уравнений и формул должна быть сквозной по всему тексту квалификационной работы.

Нумерация страниц должна быть сквозной: первой страницей является титульный лист, второй оглавление и т. д. Номер страницы проставляется

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

арабскими цифрами в правом нижнем углу. На странице 1 (титульный лист) номер не ставится. Если в документе имеются рисунки и таблицы, которые располагаются на отдельных страницах, их необходимо включать в общую нумерацию. Если рисунок или таблица расположены на листе формата больше А4, их следует учитывать, как одну страницу. Номер страницы в этом случае допускается не проставлять. Список литературы и приложения также включаются в сквозную нумерацию.

При выполнении графической части необходимо руководствоваться требованиями и рекомендациями, изложенными в ГОСТ 2.312-72 - Единая система конструкторской документации.

При работе в графических программах, требования к чертежам должны быть заданы обучающимся в компьютере. Листы графической части выполняются с рамкой и угловым штампом.

На рассмотрение преподавателю отправлять текст курсовой работы в формате doc или docx и pdf, чертежи в формате dwg и pdf.

6. Порядок защиты курсовой работы

Завершающим этапом выполнения обучающимся курсовой работы является ее защита.

Защита курсовой работы проводится в соответствии с расписанием. Результат защиты курсовой работы обучающегося оценивается по традиционной 5-ти балльной системе в соответствии с «Положением о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования в Образовательной автономной некоммерческой организации высшего образования «Московский технологический институт» (ОАНО ВО «МосТех»). Оценка за выполнение курсовой работы учитывает, как уровень качества подготовки обучающимся самой курсовой работы, так и уровень качества ее защиты:

- оценку "отлично" получают работы, в которых содержаться элементы научного творчества, делаются самостоятельные выводы, дается аргументированная критика и самостоятельный анализ фактического материала на основе глубоких знаний литературы по данной теме;

- оценка "хорошо" ставится тогда, когда в работе, выполненной на достаточном теоретическом уровне, полно и всесторонне освещаются вопросы темы, но нет должной степени творчества;

- оценку "удовлетворительно" имеют работы, в которых правильно освещены основные вопросы темы, но не проявилось умение логически

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

стройного их изложения, самостоятельного анализа источников, содержаться отдельные ошибочные положения;

- оценку "неудовлетворительно" обучающиеся получают в случае, когда не могут ответить на замечания руководителя, не владеют материалом работы, не в состоянии дать объяснения выводам и теоретическим положениям данной проблемы.

Обучающийся в течении 5 минут представляет доклад по теме курсовой работы и отвечает на вопросы руководителя. Обучающийся должен: логично построить сообщение о выполненной работе, обосновать выводы и предложения: показать понимание теоретических положений, на основе которых выполнена работа, показать самостоятельность выполнения работы, дать правильные ответы на вопросы.

Оценка за курсовую работу выставляется руководителем по результатам защиты в зачетно-экзаменационную ведомость и зачетную книжку обучающегося (неудовлетворительная оценка – только в ведомость).

Текст курсовой работы в формате docx, чертежи в формате pdf и dwg, сканы титульного листа с подписями руководителя и обучающегося должны быть подгружены в Личный кабинет обучающегося в раздел Мои документы.

Обучающийся, не представивший в установленный срок курсовую работу или не защитивший ее по неуважительной причине, считается имеющим академическую задолженность.

Обучающийся, не защитивший курсовую работу в установленный срок, должен подготовить и защитить курсовую работу в соответствии с процедурой ликвидации академических задолженностей, установленной в «Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся, осваивающих образовательные программы высшего образования в Образовательной автономной некоммерческой организации высшего образования «Московский технологический институт».

7. Методика выполнения курсовой работы

Для выполнения курсовой работы студентам необходимо выбрать свой вариант задания (приводится в разделе 18), в котором указаны следующие данные:

- планировка помещения с размещением оборудования;
- размеры помещения и назначения помещений;
- нормативные исходные данные.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

ВВЕДЕНИЕ

Электрическое освещение является одним из важнейших элементов инженерного обеспечения любого производственного предприятия, поскольку именно оно формирует световую среду, в которой осуществляется трудовая деятельность. От качества освещения непосредственно зависят производительность и точность выполняемых операций, утомляемость и зрительная работоспособность персонала, а также безопасность труда. На предприятиях, где выполняются зрительно напряжённые работы, связанные с металлообработкой, сборкой и контролем мелких изделий, рациональное освещение приобретает особое значение, так как недостаточная или некачественная световая среда напрямую увеличивает число ошибок, брака и производственного травматизма.

Актуальность данной темы работы определяется двумя обстоятельствами. С одной стороны, значительная часть действующих осветительных установок промышленных предприятий до сих пор построена на морально и технически устаревших источниках света – разрядных лампах типа ДРЛ и люминесцентных лампах. Такие установки характеризуются высоким энергопотреблением, низким коэффициентом мощности, повышенным коэффициентом пульсации светового потока, ограниченным сроком службы ламп и связанной с этим частой их заменой, а также образованием ртутьсодержащих отходов. Перечисленные недостатки не отвечают современным требованиям к энергоэффективности и экологической безопасности. С другой стороны, государственная политика в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности, закреплённая в действующем законодательстве, прямо требует снижения энергопотребления зданий и сооружений, в том числе за счёт модернизации систем освещения. В этих условиях проектирование современной светодиодной системы освещения, обеспечивающей нормируемые показатели качества при существенном снижении энергопотребления, является своевременной и практически значимой задачей.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Объектом проектирования в работе выступает предприятие производственный цех. Производственное ядро цеха составляют станочное отделение, в котором выполняются операции металлообработки средней точности, и участок сборки, где осуществляется монтаж аппаратуры и предпродажная проверка изделий. Эти процессы предъявляют повышенные требования к качеству освещения, что делает предприятие характерным и показательным объектом для разработки проекта системы электрического освещения.

Анализ исходного состояния показывает, что действующая на предприятии осветительная установка, основанная на разрядных и люминесцентных источниках света, устарела и не обеспечивает необходимого сочетания качества освещения и экономичности. Это определяет постановку основной проектной проблемы – необходимость замены существующего освещения современным энергоэффективным решением.

Целью работы является проектирование современной энергоэффективной системы электрического освещения помещений цеха на светодиодных светильниках, обеспечивающей нормируемые показатели качества освещения, безопасность эксплуатации и снижение энергопотребления.

При выполнении работы использованы метод коэффициента использования светового потока для светотехнического расчёта, метод коэффициента расчётной активной мощности для определения электрических нагрузок. Проектные решения принимаются в соответствии с действующей нормативной базой, включающей своды правил по естественному и искусственному освещению и по аварийному освещению, санитарные правила и нормы, Правила устройства электроустановок и нормативные документы по электро- и пожаробезопасности.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

1. Общая характеристика производственного цеха

Объектом настоящей работы является система электрического освещения помещений производственного цеха.

Анализ исходного состояния показывает, что действующая в цеху осветительная установка морально и технически устарела. В станочном отделении применяются разрядные светильники с лампами типа ДРЛ, а в остальных помещениях – люминесцентные светильники. Этому решению присущ ряд недостатков: высокое энергопотребление при сравнительно невысокой светоотдаче, низкий коэффициент мощности (около 0,5), повышенный коэффициент пульсации светового потока, ограниченный срок службы ламп и связанная с ним частая их замена, а также проблема обращения с ртутьсодержащими отходами при выходе ламп из строя. Низкий коэффициент мощности и высокая пульсация особенно нежелательны для производственного помещения с вращающимся оборудованием, поскольку пульсация создаёт стробоскопический эффект, повышающий риск травматизма при работе на станках. С учётом требований законодательства об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности [1], а также современных тенденций в области искусственного освещения промышленных предприятий [21], существующее решение не может считаться удовлетворительным и подлежит замене. Основные сведения о производственном цехе, используемые далее, как исходные данные проекта, сведены в таблицу 1.

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Профиль деятельности	Поставка электротехнического оборудования, сборка и предпродажная подготовка низковольтных изделий
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	48×30 м
Общая площадь помещений	1440 м²
Сетка колонн	6×6 м
Производственное ядро	Станочное отделение (металлообработка) и

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

	участок сборки
Режим работы	Односменный, 8-часовой рабочий день, пятидневная рабочая неделя
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Из таблицы 1 следует, что цех представляет собой компактный одноэтажный производственный объект с выраженным производственным ядром и совокупностью вспомогательных помещений, а исходное состояние осветительной установки требует модернизации.

2. Характеристики помещений производственного цеха

Объектом проектирования является одноэтажное производственный цех с габаритами в осях 48 × 30 м, общей площадью помещений 1440 м² и сеткой колонн 6 × 6 м. В проекте принято объёмно-планировочное решение, при котором основную площадь занимает станочное отделение размером 42 × 30 м, а вспомогательные, технические и бытовые помещения сгруппированы в ряд шириной 6 м вдоль торцевой стены здания. Такое решение технологически обосновано: крупногабаритное металлообрабатывающее и сборочное оборудование требует единого свободного пространства с организованными проходами, тогда как складские, бытовые и административные функции рационально выносить в отдельный блок меньшей высоты. Сумма площадей всех помещений составляет 1440 м², что соответствует площади здания в осях.

В составе объекта выделены следующие помещения: станочное отделение (производственное ядро, металлообработка и сборка), склад, трансформаторная подстанция (ТП), вентиляторная, бытовка, инструментальная, контора и комната отдыха. Каждое из помещений характеризуется собственным назначением, геометрическими размерами, высотой установки светильников и условиями среды, которые в совокупности определяют, как нормируемую освещённость, так и требования к исполнению светильников. Расчётная рабочая поверхность для помещений с рабочими местами (станки, верстаки, столы) принимается на высоте 0,8 м от пола, а для

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

складских и проходных зон – на уровне пола. Геометрические характеристики помещений и их назначение приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристика помещений объекта проектирования

Помещение	Размеры A×B, м	Площадь S, м²	Высота установки светильников, м	Назначение и характер работ
Станочное отделение	42×30	1260	8	Металлообработка и сборка, система комбинированного освещения
Склад	6×5	30	4	Хранение материалов и готовой продукции
ТП	6×4	24	4	Электротехническое помещение (подстанция)
Вентиляторная	6×4	24	4	Техническое помещение (вентиляционное оборудование)
Бытовка	6×5	30	4	Гардеробные и бытовые помещения
Инструментальная	6×4	24	4	Выдача и учёт инструмента
Контора	6×3	18	4	Административная работа с документами и ПК
Комната отдыха	6×5	30	4	Отдых и приём пищи

Данные таблицы 2 показывают существенную неоднородность объекта: на одно крупное производственное помещение площадью 1260 м² с высотой установки светильников 8 м и семь небольших помещений площадью от 18 до 30 м² с высотой установки 4 м. Эта неоднородность означает, что для станочного отделения и для вспомогательных помещений будут приняты разные типы светильников, разные схемы их размещения и, как следствие, различные расчётные параметры, что учитывается в светотехническом расчёте. Взаимное расположение помещений и принятое объёмно-планировочное решение приведены на рисунке 1.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

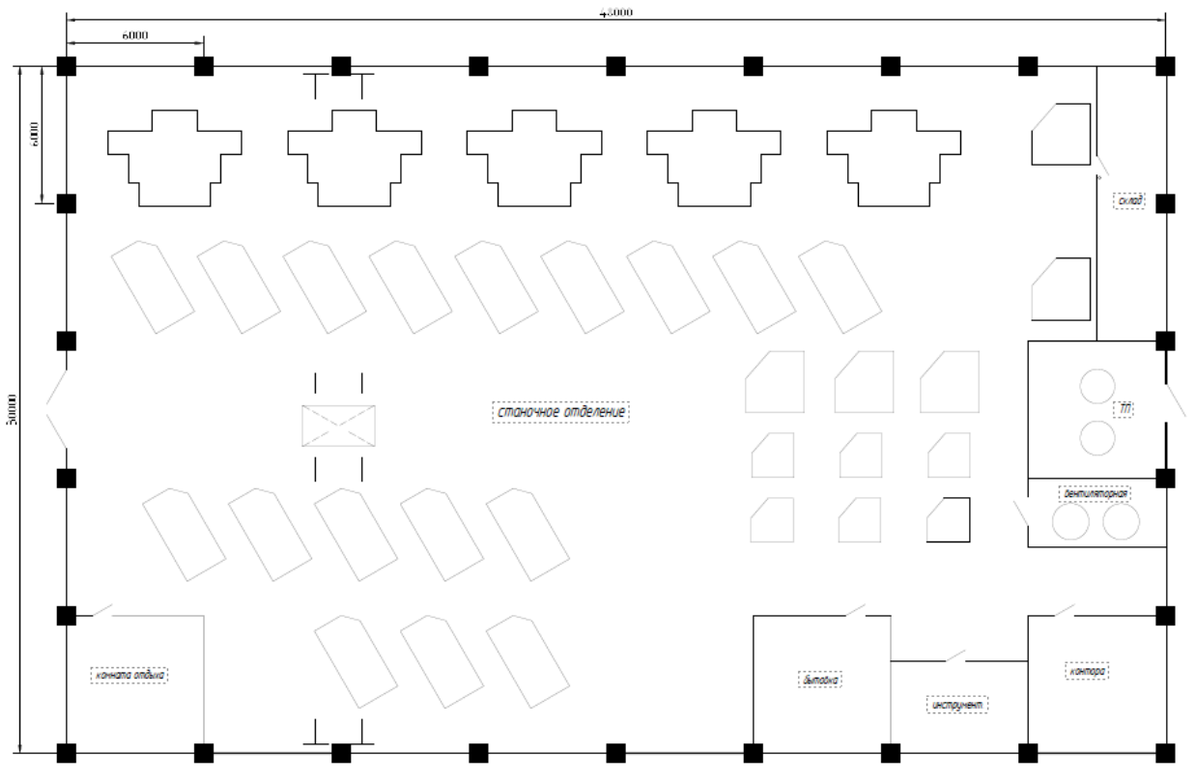


Рисунок 1 – План помещений цеха

На рисунке 2 представлено принятое в проекте размещение помещений: станочное отделение занимает основной объём здания, а вспомогательный блок (склад, ТП, вентиляторная, бытовка, инструментальная, контора, комната отдыха) сформирован вдоль торцевой стены. План используется как геометрическая основа для размещения светильников и групповых линий осветительной сети, разрабатываемых в главе 2.

Помимо геометрии, для выбора исполнения светильников решающее значение имеют условия среды в помещениях. В станочном отделении при металлообработке образуется металлическая пыль и стружка, что относит помещение к запылённым и определяет повышенные требования к степени защиты светильников от пыли. Бытовка и комната отдыха характеризуются нормальной, но повышенной по сравнению с административными помещениями влажностью (умывальные зоны, приём пищи). ТП является электротехническим помещением с ограниченным доступом и нормальной средой, вентиляторная – техническим помещением. Контора и комната отдыха

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

относятся к помещениям с нормальной средой и чистым воздухом. Степень защиты оболочек светильников и щитов классифицируется по коду IP в соответствии с ГОСТ 14254 [5], а отнесение помещений к категориям по условиям среды выполняется по ПУЭ [13]. Характеристики условий среды и вытекающие из них требования к степени защиты сведены в таблицу 3.

Таблица 3

Характеристика условий среды помещений и требования к степени защиты

Помещение	Условия среды	Характеристика по ПУЭ	Требуемая степень защиты светильников, не ниже
Станочное отделение	Запылённость, металлическая стружка	Пыльное	IP54
Склад	Возможны пыль и влага	Нормальное	IP65
ТП	Нормальная среда, электротехническое	Электропомещение	IP54
Вентиляторная	Нормальная среда, техническое	Нормальное	IP54
Бытовка	Повышенная влажность	Влажное	IP65
Инструментальная	Нормальная среда	Нормальное	IP54
Контора	Нормальная, чистая среда	Нормальное	IP40
Комната отдыха	Нормальная, чистая среда	Нормальное	IP40

Из таблицы 3 следует, что для производственных, складских и бытовых помещений необходимо принимать светильники в пыле- и влагозащищённом исполнении (IP54–IP65), тогда как для административных помещений (контора, комната отдыха) достаточно исполнения IP40. Эти требования являются обязательным условием при выборе конкретных светодиодных светильников и обеспечивают надёжную работу осветительной установки в течение всего срока службы. Установленные характеристики помещений и условий среды служат исходными данными для формирования общих требований к системе освещения, рассматриваемых далее.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

3. Основные требования к системе электрического освещения помещений производственного цеха

Система электрического освещения помещений цеха проектируется с учётом совокупности требований, установленных действующими нормативными документами. Основным сводом правил, устанавливающим нормы и требования к освещению производственных, административных и вспомогательных помещений, является СП 52.13330.2016 [17], а гигиенические нормативы качества освещения регламентируются СанПиН 1.2.3685-21 [12]. Электрическая часть осветительной установки проектируется по Правилам устройства электроустановок [13] и СП 256.1325800.2016 [15], требования пожарной безопасности – по Федеральному закону № 123-ФЗ [3] и СП 6.13130.2021 [14], а вопросы аварийного освещения – по СП 439.1325800.2018 [16]. Совокупность этих документов образует нормативную базу проекта и определяет, как количественные, так и качественные требования к проектируемой установке.

Первая группа требований – количественные. Система освещения должна обеспечивать во всех помещениях нормируемую освещённость $E_н$ на рабочей поверхности, а также нормируемую равномерность распределения освещённости. Недостаточная освещённость снижает производительность и точность зрительных работ, а её избыток ведёт к неоправданному перерасходу электроэнергии, поэтому фактическая освещённость должна быть не ниже нормируемой и не превышать её сверх допустимого. Равномерность распределения освещённости обеспечивается рациональным размещением светильников по площади помещения с соблюдением допустимого отношения расстояния между светильниками к расчётной высоте подвеса.

Вторая группа требований – качественные. К ним относятся ограничение коэффициента пульсации освещённости $K_п$, ограничение слепящего действия (показателя ослеплённости и показателя дискомфорта по ГОСТ 33392 [9]), а также обеспечение надлежащей цветопередачи и цветовой температуры источников света. Особое значение для производственного

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

помещения с вращающимся станочным оборудованием имеет ограничение пульсации: её повышенный уровень вызывает стробоскопический эффект и повышает риск травматизма, поэтому коэффициент пульсации в станочном отделении не должен превышать установленного норматива, а в конторе с постоянной зрительной работой за экраном – ужесточённого норматива. Методика измерения и нормирования коэффициента пульсации регламентируется ГОСТ 33393 [10]. Светотехнические требования к самим осветительным приборам и методы их испытаний устанавливаются ГОСТ 34819 [11], а термины и определения в области осветительных приборов – ГОСТ 16703 [6].

Третья группа требований касается состава и структуры системы освещения. Система должна включать рабочее освещение, обеспечивающее нормируемые показатели в основном режиме работы, и аварийное освещение, поддерживающее минимально необходимую освещённость и безопасную эвакуацию при отключении рабочего освещения. В проекте предусматривается выделение эвакуационного (аварийного) освещения на путях движения людей и у эвакуационных выходов с независимым питанием от отдельного щита, что соответствует требованиям СП 439.1325800.2018 [16].

Четвёртая группа требований – конструктивно-эксплуатационные и связанные с безопасностью. Исполнение светильников по степени защиты оболочки (код IP по ГОСТ 14254 [5]) должно соответствовать условиям среды каждого помещения согласно таблице 3. Электропроводка и кабельные изделия должны удовлетворять требованиям пожарной безопасности; в проекте принимается кабель с пониженным дымо- и газовыделением, не распространяющий горение, что соответствует требованиям к кабельным изделиям. Осветительная установка должна выполняться с учётом требований электробезопасности: применение системы заземления, защитного отключения и защиты от сверхтоков по ПУЭ [19] и СП 256.1325800.2016 [15].

Пятая группа требований – энергоэффективность и управление. В соответствии с законодательством об энергосбережении [1] система

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

освещения должна обеспечивать минимально возможное энергопотребление при сохранении нормируемых показателей. Современным тенденциям в искусственном освещении промышленных предприятий в наибольшей степени соответствует применение светодиодных источников света [18], которые обладают высокой светоотдачей, длительным сроком службы, высоким коэффициентом мощности и низким коэффициентом пульсации. С учётом этого в проекте принимается решение о применении светодиодных светильников, а для дополнительной экономии предусматривается автоматизированное управление освещением вспомогательных зон. Основные требования к системе освещения с указанием нормирующих документов сведены в таблицу 4.

Таблица 4

Основные требования к системе электрического освещения и нормативная база

Группа требований	Содержание требования	Нормативный документ
Количественные	Нормируемая освещённость $E_н$ и равномерность распределения	СП 52.13330.2016 [17]; СанПиН 1.2.3685-21 [12]
Качественные	Ограничение коэффициента пульсации $K_п$	ГОСТ 33393 [10]; СанПиН 1.2.3685-21 [12]
Качественные	Ограничение слепимости (ослеплённость, дискомфорт)	ГОСТ 33392 [9]; СП 52.13330.2016 [17]
Состав системы	Наличие рабочего и аварийного (эвакуационного) освещения	СП 52.13330.2016 [17]; СП 439.1325800.2018 [16]
Безопасность	Степень защиты светильников по среде помещения	ГОСТ 14254 [8]; ПУЭ [13]
Электробезопасность	Заземление, защитное отключение, защита от сверхтоков	ПУЭ [13]; СП 256.1325800.2016 [15]
Пожарная безопасность	Кабели, не распространяющие горение	ФЗ № 123-ФЗ [3]; СП 6.13130.2021 [14]
Энергоэффективность	Минимизация энергопотребления, светодиодные источники	ФЗ № 261-ФЗ [1]

Систематизация требований в таблице 4 показывает, что проектируемая система освещения должна одновременно удовлетворять светотехническим, электротехническим, противопожарным и энергетическим требованиям,

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

причём ключевую роль играет обеспечение нормируемых показателей качества освещения при минимально возможном энергопотреблении. Именно совокупность этих требований обосновывает выбор светодиодных светильников как базового технического решения проекта. Конкретные числовые значения нормируемых показателей, которые система должна обеспечить в каждом помещении, определяются в следующем пункте.

4. Выбор нормируемых показателей освещённости с учётом производственной деятельности цеха

Выбор нормируемых показателей освещённости выполняется для каждого помещения исходя из характера выполняемой в нём зрительной работы и определяет исходные данные для светотехнического расчёта. По каждому помещению устанавливаются: нормируемая освещённость $E_н$, разряд (и подразряд) зрительной работы, коэффициент эксплуатации $K_э$ и коэффициенты отражения ограждающих поверхностей. Нормирование выполняется по СП 52.13330.2016 [17] и СанПиН 1.2.3685-21 [12] с учётом производственной деятельности производственного цеха.

Разряд зрительной работы для производственных помещений устанавливается по наименьшему размеру объекта различения. В станочном отделении при металлообработке и сборке наименьший размер объекта различения (разметка, мелкие элементы аппаратуры, маркировка) составляет 0,5–1,0 мм, что соответствует работам средней точности – разряду IV. Для такого помещения принята система комбинированного освещения с нормируемой освещённостью общего освещения $E_н = 200$ лк. Инструментальная, где осуществляются выдача, учёт и осмотр инструмента, также отнесена к работам средней точности с нормируемой освещённостью 200 лк. Контора, в которой выполняется административная работа с документами и на персональном компьютере, по функциональному назначению нормируется на уровне 300 лк как помещение с напряжённой зрительной работой за экраном. Остальные помещения (склад, ТП, вентиляторная, бытовка, комната отдыха) нормируются по функциональному

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

назначению. Разряды зрительной работы по помещениям приведены в таблице 5.

Таблица 5

Разряды зрительной работы и нормируемая освещённость по помещениям

Помещение	Характер зрительной работы	Наименьший размер объекта различения, мм	Разряд (подразряд)	$E_н$, лк
Станочное отделение	Металлообработка и сборка, средней точности	0,5–1,0	IV (в)	200
Инструментальная	Выдача и осмотр инструмента, средней точности	0,5–1,0	IV (в)	200
Контора	Работа с документами и на ПК, высокой точности	0,3–0,5	по функции	300
Комната отдыха	Отдых и приём пищи	–	по функции	150
ТП	Электротехническое помещение	–	по функции	100
Бытовка	Гардеробные и бытовые помещения	–	по функции	100
Склад	Хранение материалов и продукции	–	по функции	75
Вентиляторная	Техническое помещение	–	по функции	75

Из таблицы 5 видно, что наиболее высокие требования к освещённости предъявляются к конторе (300 лк), станочному отделению и инструментальной (200 лк), что объясняется напряжённым характером зрительной работы в этих помещениях. Для складских и технических помещений достаточно освещённости 75–100 лк, поскольку выполняемые в них операции не требуют различения мелких деталей. Эти значения являются обязательными для обеспечения и служат отправной точкой светотехнического расчёта.

Коэффициент эксплуатации $K_э$ учитывает снижение освещённости в процессе эксплуатации вследствие загрязнения светильников и старения источников света и принимается тем больше, чем выше запылённость

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

помещения. В проекте для станочного отделения, где образуется металлическая пыль, принят повышенный коэффициент эксплуатации $K_э = 1{,}5$; для прочих производственных, технических и бытовых помещений – $K_э = 1{,}4$; для конторы и комнаты отдыха с чистой средой – $K_э = 1{,}2$. Коэффициенты отражения потолка, стен и пола принимаются для станочного отделения и технических помещений 50/30/10 %, а для административных и бытовых помещений с более светлой отделкой – 70/50/30 %. Полный набор нормируемых показателей по помещениям сведён в таблицу 6.

Таблица 6

Нормируемые показатели освещения помещений производственного цеха

Помещение	$E_н$, лк	$K_э$	Коэффициенты отражения потолок/стены/пол, %
Станочное отделение	200	1,5	50/30/10
Склад	75	1,4	50/30/10
ТП	100	1,4	50/30/10
Вентиляторная	75	1,4	50/30/10
Бытовка	100	1,4	70/50/30
Инструментальная	200	1,4	50/30/10
Контора	300	1,2	70/50/30
Комната отдыха	150	1,2	70/50/30

Таким образом, по результатам анализа производственной деятельности производственного цеха для каждого помещения обоснованы и приняты нормируемые показатели освещения. Они образуют исходную базу для дальнейшего проектирования: значения $E_н$, $K_э$ и коэффициентов отражения непосредственно используются в формуле светового потока, допустимый коэффициент пульсации $K_п$ подтверждает правомерность применения светодиодных светильников, а требования к степени защиты по среде помещений определяют их конкретное исполнение. Этим завершается формирование исходных данных, и проект переходит к светотехническому расчёту.

5. Светотехнический расчёт помещений производственного цеха

Светотехнический расчёт выполняется методом коэффициента использования светового потока, который наиболее полно учитывает

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

геометрию помещения, отражающие свойства его поверхностей и распределение светового потока светильника, а потому принят в проекте как основной (метод удельной мощности для темы, посвящённой освещению, является упрощённым) [17]. Целью расчёта является определение потребного светового потока и числа светильников по каждому помещению с последующей проверкой фактической освещённости [22].

Потребный световой поток одного светильника определяется выражением:

$$\Phi_{св} = \frac{E_н \times S \times K_э \times z}{N \times \eta} \quad (2)$$

где $\Phi_{св}$ – расчётный световой поток одного светильника, лм;

$E_н$ – нормируемая освещённость, лк;

S – площадь помещения, м²;

$K_э$ – коэффициент эксплуатации;

z – коэффициент неравномерности освещения, для светодиодных светильников принимается 1,1;

N – число светильников;

η – коэффициент использования светового потока.

Коэффициент использования η определяется по индексу помещения и коэффициентам отражения. Индекс помещения вычисляется по формуле:

$$i = \frac{A \times B}{h_p \times (A + B)} \quad (3)$$

где A – длина помещения, м;

B – ширина помещения, м;

h_p – расчётная высота подвеса светильника над рабочей поверхностью, м, определяемая как $h_p = h_1 - h_2$, где h_1 – высота установки светильника, h_2 – высота рабочей поверхности, равная 0,8 м.

После выбора светильника выполняется проверка фактической освещённости:

$$E_ф = \frac{\Phi_ф \times N \times \eta}{S \times K_э \times z} \quad (4)$$

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

где $\Phi_ф$ – фактический световой поток выбранного светильника, лм.

Выполним расчёт-пример для наиболее характерного помещения – станочного отделения. Расчётная высота подвеса:

$$h_р = 8 - 0{,}8 = 7{,}2$$

Индекс помещения:

$$i = \frac{42 \times 30}{7{,}2 \times (42 + 30)} = \frac{1260}{518{,}4} = 2{,}43$$

По индексу помещения i = 2,43 и коэффициентам отражения потолка $\rho_п = 50\%$, стены $\rho_с = 30\%$ и пола $\rho_р = 10\%$ коэффициент использования для светодиодного светильника типа ДСП принимается η = 0,62 (по справочникам). Принимая число светильников N = 36, получаем потребный световой поток одного светильника:

$$\Phi_{св} = \frac{200 \times 1260 \times 1{,}5 \times 1{,}1}{36 \times 0{,}62} = \frac{415800}{22{,}32} = 18629$$

Расчётный поток составляет 18629 лм. По каталогу к установке принят светодиодный светильник ДСП-150 с фактическим световым потоком 21000 лм, что превышает расчётный, поэтому условие $\Phi_ф \geq \Phi_{св}$ выполняется.

Проверим фактическую освещённость:

$$E_ф = \frac{21000 \times 36 \times 0{,}62}{1260 \times 1{,}5 \times 1{,}1} = \frac{468720}{2079} = 225{,}5$$

Фактическая освещённость 225 лк превышает нормируемую 200 лк, следовательно, принятое решение обеспечивает нормируемый уровень с небольшим запасом. Аналогично рассчитаны остальные помещения; результаты сведены в таблицу 7.

Таблица 7

Результаты светотехнического расчёта помещений

Помещение	А×В, м	S, м²	$E_н$, лк	i	η	N, шт.	$\Phi_{св}$, лм	Светильник	$\Phi_ф$, лм	$E_ф$, лк
Станочное отделение	42×30	1260	200	2,43	0,62	36	18629	ДСП-150	21000	225
Склад	6×5	30	75	0,85	0,42	6	1375	ДСП-40	5400	295
ТП	6×4	24	100	1,85	0,55	4	1680	ДСП-30	3600	214
Вентиляторная	6×4	24	75	0,75	0,40	2	3465	ДСП-30	3600	78
Бытовка	6×5	30	100	0,85	0,48	6	1604	ДСП-40	5400	337

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Инструментальная	6×4	24	200	0,75	0,40	4	4620	ДСП-50	6500	281
Контора	6×3	18	300	0,62	0,45	4	3960	ДВО-40	4400	333
Комната отдыха	6×5	30	150	0,85	0,48	4	3094	ДВО-30	3300	160

По результатам, приведённым в таблице 7, во всех помещениях фактическая освещённость не ниже нормируемой, то есть принятые светодиодные светильники обеспечивают требуемые показатели. В небольших вспомогательных помещениях (склад, ТП, бытовка) фактическая освещённость превышает норму, что объясняется применением унифицированной серии светильников (ДСП-40 и ДСП-30) для нескольких помещений ради упрощения закупки и обслуживания. Возникающий при этом резерв освещённости в эксплуатации регулируется автоматической системой управления с диммированием (датчики освещённости, см. пункт 2.9), которая поддерживает рабочую освещённость на нормируемом уровне и исключает перерасход электроэнергии.

6. Расчёт электрической нагрузки системы освещения

Электрические нагрузки системы освещения определяются методом коэффициента расчётной активной мощности, который является действующим взамен метода коэффициента максимума по РТМ 36.18.32.4-92. Установленная (номинальная) мощность группы светильников:

$$P_{ном} = N \times P_{св} \tag{5}$$

где $P_{ном}$ – установленная мощность группы, Вт;

N – число светильников в группе;

$P_{св}$ – мощность одного светильника, Вт.

Расчётная активная мощность:

$$P_{р} = K_{с} \times P_{ном} \tag{6}$$

где $P_{р}$ – расчётная активная мощность, Вт;

$K_{с}$ – коэффициент спроса осветительной нагрузки, для производственных помещений принимается 0,95.

Расчётная реактивная мощность:

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

$$Q_p = P_p \times tg\varphi \quad (7)$$

где Q_p – расчётная реактивная мощность, вар;

$tg\varphi$ – коэффициент реактивной мощности, для светодиодных светильников при $cos\,\varphi = 0{,}95$ принимается равным 0,33.

Полная расчётная мощность:

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \quad (8)$$

где S_p – полная расчётная мощность, В·А.

Расчётный ток однофазной группы и трёхфазного ввода:

$$I_{p,1\phi} = \frac{P_p}{U_\phi \times cos\,\varphi} \quad (9)$$

$$I_{p,3\phi} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \times U_л \times cos\,\varphi} \quad (10)$$

где I_p – расчётный ток, А;

U_ϕ – фазное напряжение, равное 220 В;

$U_л$ – линейное напряжение, равное 380 В.

Выполним расчёт-пример для группы конторы. Установленная мощность:

$$P_{ном} = 4 \times 40 = 160$$

Расчётная активная мощность:

$$P_p = 0{,}95 \times 160 = 152$$

Расчётная реактивная и полная мощности:

$$Q_p = 152 \times 0{,}33 = 50$$

$$S_p = \sqrt{152^2 + 50^2} = \sqrt{25604} = 160$$

Расчётный ток однофазной группы:

$$I_{p,1\phi} = \frac{152}{220 \times 0{,}95} = \frac{152}{209} = 0{,}73$$

Расчётный ток группы конторы составляет 0,73 А. Аналогично рассчитаны остальные группы и ввод щита; результаты сведены в таблицу 8.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

Таблица 8

Расчёт электрической нагрузки по группам освещения

Группа/помещение	N, шт.	$P_{св}$, Вт	$P_{ном}$, Вт	K_c	$P_р$, Вт	$\cos\varphi$	$Q_р$, вар	$S_р$, В·А	$I_р$, А
Л1–Л5 Станочное отделение	36	150	5400	0,95	5130	0,95	1693	5402	8,2
Л6 Комната отдыха	4	30	120	0,95	114	0,95	38	120	0,55
Л7 Бытовка	6	40	240	0,95	228	0,95	75	240	1,09
Л8 Инструментальная	4	50	200	0,95	190	0,95	63	200	0,91
Л9 Контора	4	40	160	0,95	152	0,95	50	160	0,73
Л10 Вентиляторная	2	30	60	0,95	57	0,95	19	60	0,27
Л11 ТП	4	30	120	0,95	114	0,95	38	120	0,55
Л12 Склад	6	40	240	0,95	228	0,95	75	240	1,09
Итого по ЩО	66	–	6540	0,95	6213	0,95	2050	6543	9,9

Как видно из таблицы 8, суммарная расчётная активная мощность системы освещения составляет около 6,2 кВт, а расчётный ток ввода щита рабочего освещения – 9,9 А. Группа станочного отделения формирует основную долю нагрузки, поэтому она распределена по трём фазам (группы Л1–Л5) для выравнивания нагрузки. Полученное значение тока ввода является исходным для выбора сечения вводного кабеля и вводного аппарата защиты в последующих пунктах.

7. Выбор светильников и разработка плана размещения светильников

Выбор типа светильников выполнен исходя из требований главы 1: для всех помещений приняты светодиодные источники света как соответствующие современным требованиям к энергоэффективности, сроку службы, коэффициенту мощности и коэффициенту пульсации [6]. Исполнение по степени защиты оболочки принято в соответствии с условиями среды (таблица 3): для станочного отделения и технических помещений – IP54, для склада и бытовки – IP65, для административных помещений – IP40. Для станочного отделения с большой высотой установки приняты подвесные светильники ДСП-150, для линейных вспомогательных помещений – линейные ДСП-40 и ДСП-30, для административных – встраиваемые потолочные ДВО.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Принцип размещения светильников определяется типом помещения. Для станочного отделения принято равномерное размещение по прямоугольной сетке рядами на высоте 8 м с учётом расположения станочного оборудования и проходов; для административных и бытовых помещений приняты к установке встраиваемые и накладные светильники под потолком. Размещение выполнено с соблюдением допустимого отношения расстояния между светильниками к расчётной высоте подвеса, что обеспечивает нормируемую равномерность освещённости [7]. План размещения светильников по помещениям приведён в таблице 9.

Таблица 9

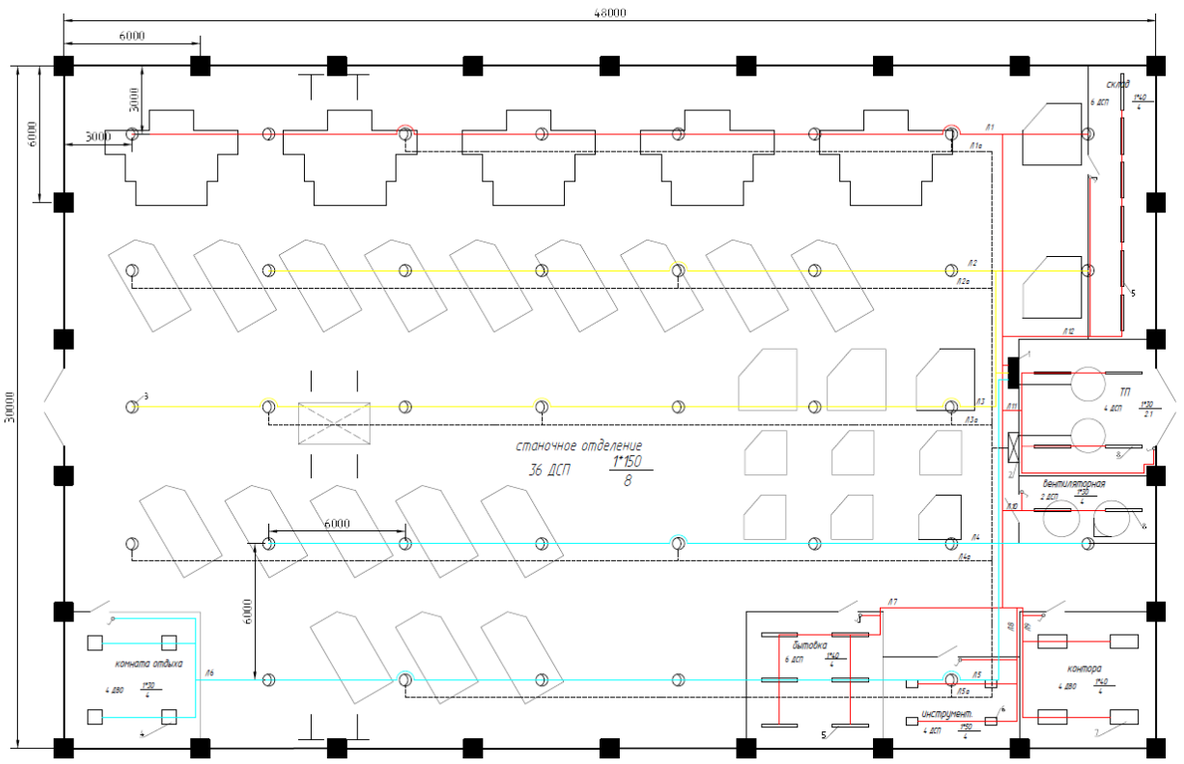
План размещения светильников по помещениям

Помещение	Тип светильника	Степень защиты	Кол-во, шт.	Схема расстановки	Шаг, м
Станочное отделение	ДСП-150	IP54	36	6 рядов по 6 светильников	7×5
Склад	ДСП-40, линейный	IP65	6	2 ряда по 3 светильника	2×2,5
ТП	ДСП-30, линейный	IP54	4	2 ряда по 2 светильника	3×2
Вентиляторная	ДСП-30, линейный	IP54	2	1 ряд по 2 светильника	3
Бытовка	ДСП-40, линейный	IP65	6	2 ряда по 3 светильника	2×2,5
Инструментальная	ДСП-50	IP54	4	2 ряда по 2 светильника	3×2
Контора	ДВО-40, 595×595	IP40	4	2 ряда по 2 светильника	3×1,5
Комната отдыха	ДВО-30	IP40	4	2 ряда по 2 светильника	3×2,5

По данным таблицы 9 к установке принято 66 светодиодных светильников; их размещение обеспечивает равномерное распределение освещённости по площади каждого помещения и согласовано с расположением рабочих мест и проходов. Принятая раскладка по рядам служит геометрической основой для разбивки светильников станочного отделения на групповые линии и распределения их по фазам, что выполняется при разработке осветительной сети.

План размещения светильников приводится на рисунке 2.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru



Позиция	Наименование и техническая характеристика	Тип, марка, обозначение документа опросного листа	Код оборудования, изделий, материалов	Поставщик	Единица измерения	Количество	Масса единицы, кг	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Щит освещения	ЩРн-24 IP54		Компания ЭТМ	шт.	1		или аналогичный
2	Щит аварийного освещения	ОЩВ-6 16/63А IP54		Компания ЭТМ	шт.	1		или аналогичный
3	Светильник	ДСП-150 IP54		ОАО «АСТЭ»	шт.	36		
4	Светильник	ДВО-30		ОАО «АСТЭ»	шт.	4		
5	Светильник	ДСП-40 IP65		ОАО «АСТЭ»	шт.	12		
6	Светильник	ДСП-50 IP54		ОАО «АСТЭ»	шт.	4		
7	Светильник	ДВО-40		ОАО «АСТЭ»	шт.	4		
8	Светильник	ДСП-30 IP54		ОАО «АСТЭ»	шт.	6		
9	Автоматический выключатель QF1	ВА47-29 3P(C) 20A		IEK	шт.	1		
10	Автоматический выключатель QF2	ВА47-29 1P(C) 10A		IEK	шт.	3		
11	Автоматический выключатель QF3	ВА47-29 1P(C) 10A		IEK	шт.	1		
12	Автоматический выключатель QF4	ВА47-29 1P(C) 10A		IEK	шт.	2		
13	Автоматический выключатель QF5	ВА47-29 1P(C) 6A		IEK	шт.	8		
14	Автоматический выключатель QF6	ВА47-29 3P(C) 16A		IEK	шт.	1		
15	Автоматический выключатель QF7	ВА47-29 1P(C) 10A		IEK	шт.	5		

Рисунок 2 – План помещений производственного цеха и схема расположения светильников

8. Разработка осветительной электрической сети помещений производственного цеха

Осветительная сеть производственного цеха выполнена трёхфазной напряжением 380/220 В с системой заземления TN-S и разделена на питающую и групповую части. В проекте предусмотрены два щита: щит рабочего освещения ЩО (корпус ЩРн-24, IP54) и отдельный щит аварийного (эвакуационного) освещения ЩОа (корпус ОЩВ-6, IP54). Выделение аварийного освещения на самостоятельный щит обеспечивает независимость

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

его питания и сохранение работоспособности при отключении рабочего освещения [16, 16]. Структурная схема осветительной сети приведена на рисунке 3.

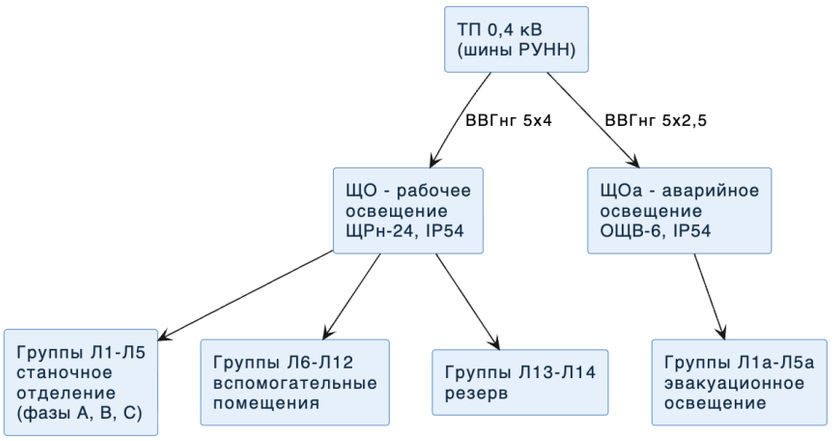


Рисунок 3 – Структурная схема осветительной электрической сети

На рисунке 3 показана структура сети: оба щита получают питание от шин 0,4 кВ трансформаторной подстанции, рабочее освещение распределяется по групповым линиям Л1–Л14, аварийное – по линиям Л1а–Л5а. Число групп обосновано нагрузкой и удобством эксплуатации: пять групп станочного отделения распределены по фазам для выравнивания нагрузки, по одной группе выделено на каждое вспомогательное помещение, а две группы оставлены в резерв для перспективного развития. Состав групп, кабелей и аппаратов защиты приведён в таблице 10.

Таблица 10

Групповые линии осветительной сети, кабели и аппараты защиты

Щит/линия	Назначение	Кабель	Аппарат защиты
Ввод ЩО	Питание щита рабочего освещения	ВВГнг(А)-LS 5×4	ВА47-29 3Р(С) 20А
Группы Л1–Л5	Станочное отделение (фазы А, В, С)	ВВГнг(А)-LS 3×1,5	ВА47-29 1Р(С) 10А
Группы Л6–Л12	Вспомогательные помещения	ВВГнг(А)-LS 3×1,5	ВА47-29 1Р(С) 6А
Группы Л13–Л14	Резерв	ВВГнг(А)-LS 3×1,5	ВА47-29 1Р(С) 6А
Ввод ЩОа	Питание щита аварийного освещения	ВВГнг(А)-LS 5×2,5	ВА47-29 3Р(С) 16А

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

Щит/линия	Назначение	Кабель	Аппарат защиты
Группы Л1а–Л5а	Аварийное освещение станочного отделения	ВВГнг(А)-LS 3×1,5	ВА47-29 1P(C) 10А

Принципиальные электрические схемы щитов разработаны на основе принятого состава групп. Схема щита рабочего освещения приведена на рисунке 4.

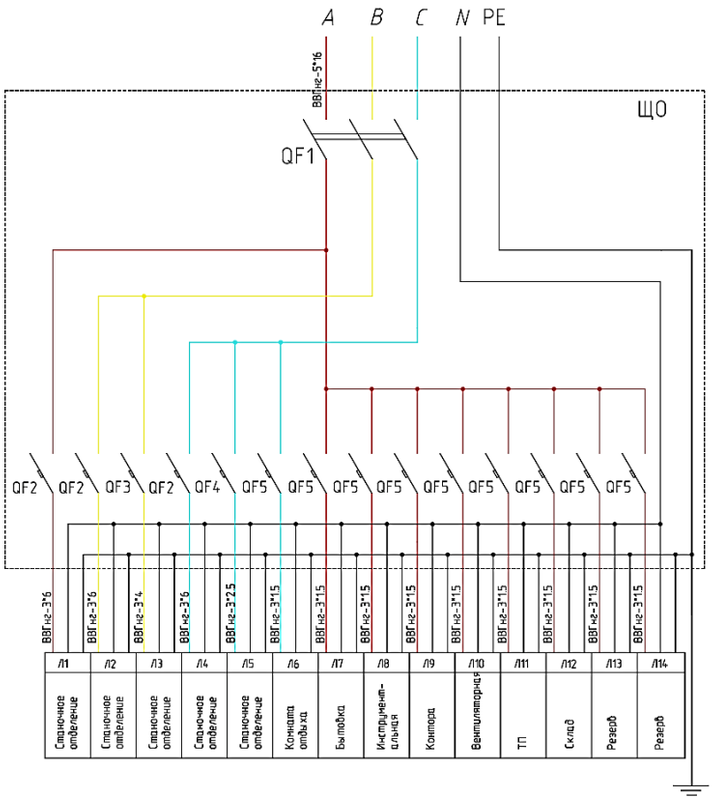


Рисунок 4 – Принципиальная электрическая схема щита освещения производственного цеха

На рисунке 4 представлена схема щита ЩО: вводной трёхфазный автоматический выключатель QF1, шины фаз A, B, C и отходящие однофазные групповые автоматы Л1–Л14 с распределением групп станочного отделения по фазам. Схема щита аварийного освещения приведена на рисунке 5.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

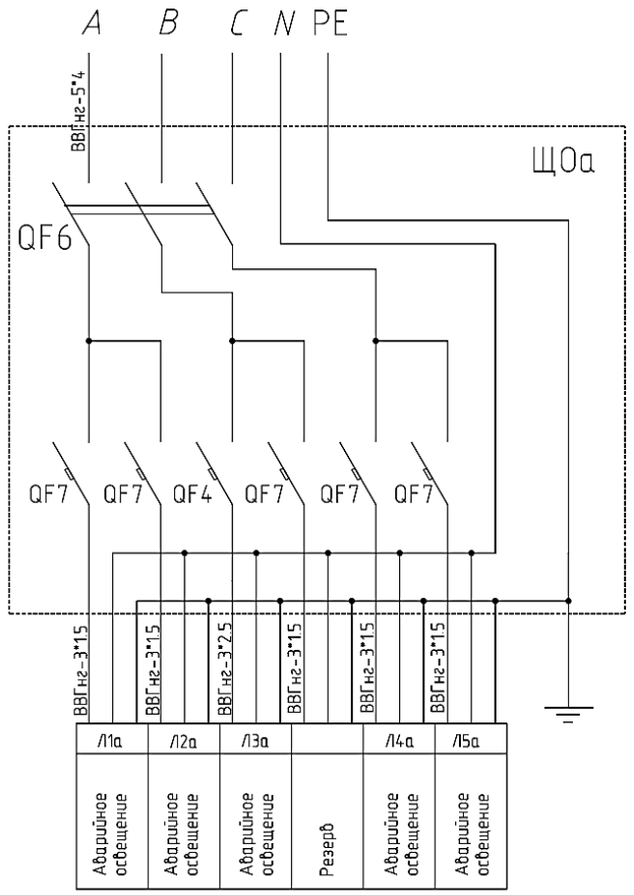


Рисунок 5 – Принципиальная электрическая схема щита аварийного освещения производственного цеха

На рисунке 8 показана схема щита ЩОа с вводным автоматом QF6 и группами эвакуационного освещения Л1а–Л5а; независимое питание этого щита обеспечивает работу путей эвакуации при отключении рабочего освещения. Таким образом, разработанная структура сети с двумя щитами и распределением нагрузки по фазам реализует требования к составу и надёжности системы освещения и подготавливает исходные данные для расчёта и выбора кабелей.

9. Расчёт и выбор кабелей

Сечение кабелей выбирается по условию соответствия аппарату защиты и длительно допустимому току с последующей проверкой по минимальному сечению. В качестве марки кабеля принят медный ВВГнг(А)-LS, не

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

распространяющий горение при групповой прокладке и с пониженным дымо- и газовыделением, что соответствует требованиям пожарной безопасности к кабельным изделиям [8, 13]. Основное условие выбора для линии, защищённой автоматическим выключателем:

$$I_{доп} \geq K_{защ} \times I_{н,р} \quad (11)$$

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

$K_{защ}$ – коэффициент защиты, для нормальных помещений равен 1;

$I_{н,р}$ – номинальный ток расцепителя автомата, А.

Дополнительно проверяется условие соответствия расчётному току линии:

$$I_{доп} \geq I_{р} \quad (12)$$

Выполним расчёт-пример для групповой линии станочного отделения. Линия защищена автоматом с номинальным током расцепителя $I_{н,р}$ = 10 А, расчётный ток группы невелик. Для кабеля ВВГнг(А)-LS 3×1,5 длительно допустимый ток составляет $I_{доп}$ = 19 А. Проверка условий:

$$I_{доп} = 19 \geq K_{защ} \times I_{н,р} = 1 \times 10 = 10$$

$$I_{доп} = 19 \geq I_{р} = 4{,}9$$

Оба условия выполняются, поэтому к прокладке принят кабель ВВГнг(А)-LS 3×1,5. Для групповых линий освещения сечение принято не менее 1,5 мм² по меди по условию механической прочности [13]. Результаты выбора кабелей по характерным линиям сведены в таблицу 11.

Таблица 11

Выбор сечений кабелей осветительной сети

Линия	$I_{р}$, А	$I_{н,р}$, А	Марка и сечение кабеля	$I_{доп}$, А	Условие $I_{доп} \geq K_{защ} \times I_{н,}$
Ввод ЩО	9,9	20	ВВГнг(А)-LS 5×4	32	выполняется
Группа станочного	4,9	10	ВВГнг(А)-LS 3×1,5	19	выполняется

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

Линия	$I_р$, А	$I_{н,р}$, А	Марка и сечение кабеля	$I_{доп}$, А	Условие $I_{доп} \geq K_{защ} \times I_{н,}$
отделения					
Группа вспомогательного помещения	1,09	6	ВВГнг(А)-LS 3×1,5	19	выполняется
Ввод ЩОа	–	16	ВВГнг(А)-LS 5×2,5	25	выполняется
Группа аварийного освещения	4,9	10	ВВГнг(А)-LS 3×1,5	19	выполняется

Из таблицы 11 следует, что для всех линий длительно допустимый ток выбранных кабелей превышает как ток расцепителя аппарата защиты, так и расчётный ток линии, поэтому принятые сечения обеспечивают как защиту от перегрузки, так и нагрев в допустимых пределах. Окончательно к прокладке приняты вводной кабель ЩО сечением 5×4, вводной кабель ЩОа сечением 5×2,5 и групповые линии сечением 3×1,5. Достаточность принятых сечений по потере напряжения проверяется далее.

10. Расчёт падения напряжения

Принятые сечения проверяются по потере напряжения, которая для осветительных сетей не должна превышать допустимого значения 2,5–5 % [13, 17]. Потеря напряжения определяется выражением:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \times I_р \times L \times \left(r_0 \times \cos\varphi + x_0 \times \sin\varphi\right)}{U_л} \times 100 \qquad (13)$$

где ΔU – потеря напряжения, %;

$I_р$ – расчётный ток линии, А;

L – длина линии, км;

r_0 – удельное активное сопротивление жилы, Ом на км;

x_0 – удельное реактивное сопротивление жилы, Ом на км;

$U_л$ – линейное напряжение, В.

Проверку выполним для наиболее удалённого светильника станочного отделения как наименее благоприятной по потере напряжения точки. Принимаем длину трассы до удалённого светильника L = 0,045 км, удельные

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

сопротивления кабеля 3×1,5: $r_0 = 12{,}3$ Ом на км, $x_0 = 0{,}11$ Ом на км, $\cos\varphi = 0{,}95$, $\sin\varphi = 0{,}31$, расчётный ток фидера $I_p = 8{,}2$ А. Потеря напряжения:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \times 8{,}2 \times 0{,}045 \times (12{,}3 \times 0{,}95 + 0{,}11 \times 0{,}31)}{380} \times 100 = 1{,}97$$

Потеря напряжения составляет около 2 %, что меньше допустимого значения 2,5 %, поэтому принятые сечения по этому условию достаточны. Результаты проверки по характерным линиям сведены в таблицу 12.

Таблица 12

Проверка осветительной сети по потере напряжения

Линия	L, м	I_p, А	ΔU, %	Допустимое ΔU, %	Условие
Ввод ЩО	10	9,9	0,18	2,5	выполняется
Группа станочного отделения (удалённый светильник)	45	8,2	1,97	2,5	выполняется
Группа вспомогательного помещения	25	1,09	0,38	2,5	выполняется
Группа аварийного освещения	45	4,9	1,18	2,5	выполняется

По данным таблицы 12 потеря напряжения во всех проверенных линиях не превышает 2 %, что значительно ниже допустимого предела. Следовательно, принятые сечения кабелей обеспечивают нормируемое качество напряжения на зажимах наиболее удалённых светильников, и пересмотр сечений по этому условию не требуется. Дальнейшая проверка сети связана с условиями короткого замыкания.

11. Расчёт токов короткого замыкания

Расчёт токов короткого замыкания (КЗ) выполняется для наиболее удалённой и наименее защищённой точки сети – конца групповой линии станочного отделения, что позволяет проверить чувствительность защиты в наихудших условиях. Расчётная схема сети, по которой определяются сопротивления участков, приведена на рисунке 6.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

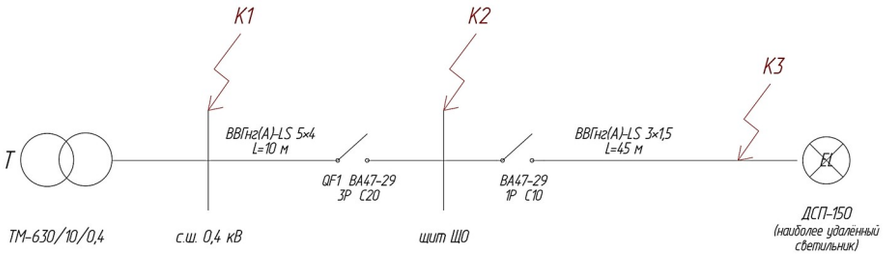


Рисунок 6 – Расчётная схема

На рисунке 6 показана последовательность элементов от источника питания до точки КЗ: трансформатор подстанции, вводной кабель и аппарат щита ЩО, групповой кабель станочного отделения. Для расчёта эта схема преобразуется в схему замещения, приведённую на рисунке 7.

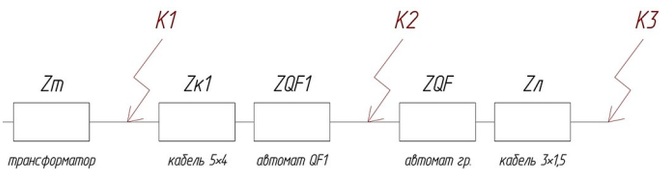


Рисунок 7 – Схема замещения

На рисунке 7 каждый элемент представлен активным и реактивным сопротивлениями, которые суммируются до точки КЗ. Полное сопротивление до точки КЗ:

$$Z_к = \sqrt{R_к^2 + X_к^2} \quad (14)$$

где $Z_к$ – полное сопротивление до точки КЗ, Ом;

$R_к$ – суммарное активное сопротивление, Ом;

$X_к$ – суммарное реактивное сопротивление, Ом.

Токи трёхфазного, двухфазного и однофазного КЗ:

$$I_к^{(3)} = \frac{U_л}{\sqrt{3} \times Z_к} \quad (15)$$

$$I_к^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times I_к^{(3)} \quad (16)$$

$$I_к^{(1)} = \frac{U_ф}{Z_п + \frac{Z_т^{(1)}}{3}} \quad (17)$$

где $U_л$ – линейное напряжение, В;

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

$U_ф$ – фазное напряжение, В;

$Z_п$ – сопротивление петли «фаза–ноль» до точки КЗ, Ом;

$Z_m^{(1)}$ – сопротивление трансформатора току однофазного КЗ, Ом.

Выполним расчёт. Сопротивления трансформатора ТМ-630/10/0,4: R_m = 0,0031 Ом, X_m = 0,0136 Ом, $Z_m^{(1)}$ = 0,129 Ом. Суммарные сопротивления фаз до точки КЗ с учётом вводного кабеля 5×4 (10 м) и группового 3×1,5 (45 м):

$$R_к = 0{,}0031 + 0{,}0463 + 0{,}5535 = 0{,}6029$$

$$X_к = 0{,}0136 + 0{,}001 + 0{,}0054 = 0{,}02$$

$$Z_к = \sqrt{0{,}6029^2 + 0{,}02^2} = 0{,}6032$$

Ток трёхфазного КЗ:

$$I_к^{(3)} = \frac{380}{\sqrt{3} \times 0{,}6032} = 364$$

Ток двухфазного КЗ:

$$I_к^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} \times 364 = 315$$

Ток однофазного КЗ при сопротивлении петли «фаза–ноль» $Z_п$ = 1,2 Ом:

$$I_к^{(1)} = \frac{220}{1{,}2 + \frac{0{,}129}{3}} = \frac{220}{1{,}243} = 177$$

Полученные значения сведены в таблицу 13.

Таблица 13

Результаты расчёта токов короткого замыкания

Точка КЗ	$Z_к$, Ом	$I_к^{(3)}$, А	$I_к^{(2)}$, А	$I_к^{(1)}$, А
Конец группы станочного отделения	0,6032	364	315	177

По данным таблицы 13 ток однофазного КЗ в наиболее удалённой точке составляет 177 А. Это значение используется в следующем пункте для проверки чувствительности аппаратов защиты: оно должно с запасом превышать ток срабатывания электромагнитного расцепителя, что подтверждает надёжное отключение повреждённого участка.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

12. Выбор аппаратов защиты и коммутации

Защита и коммутация осветительной сети выполнены модульными автоматическими выключателями серии ВА47-29 с характеристикой С, учитывающей пусковые токи драйверов светодиодных светильников [19]. Автоматические выключатели выбираются по тепловому и электромагнитному расцепителям при выполнении условий:

$$I_{н,а} \geq I_{н,р} \tag{18}$$

$$I_{н,р} \geq 1{,}1 \times I_{р} \tag{19}$$

где $I_{н,а}$ – номинальный ток автомата, А;

$I_{н,р}$ – номинальный ток расцепителя, А;

$I_{р}$ – расчётный ток линии, А.

Чувствительность защиты проверяется по току однофазного КЗ:

$$I_{к}^{(1)} \geq 3 \times I_{н,р} \tag{20}$$

Выполним расчёт-пример для вводного аппарата щита ЩО. Расчётный ток ввода $I_{р} = 9{,}9$ А, тогда:

$$1{,}1 \times I_{р} = 1{,}1 \times 9{,}9 = 10{,}9$$

Принят автомат с номинальным током расцепителя $I_{н,р}$ = 20 А, что удовлетворяет условию $I_{н,р} \geq 1{,}1 \times I_{р}$. Для групповой линии станочного отделения $I_{р}$ = 4,9 А, $1{,}1 \times I_{р}$ = 5,4 А, принят расцепитель 10 А; проверка чувствительности:

$$I_{к}^{(1)} = 177 \geq 3 \times I_{н,р} = 3 \times 10 = 30$$

Условие выполняется с большим запасом, следовательно, защита надёжно срабатывает при однофазном КЗ. Результаты выбора аппаратов сведены в таблицу 14.

Таблица 14

Выбор аппаратов защиты осветительной сети

Обозначение	Защищаемая цепь	$I_{р}$, А	$1{,}1 \times I_{р}$, А	$I_{н,р}$, А	Тип
QF1	Ввод ЩО	9,9	10,9	20	ВА47-29 3Р(С)
Группы Л1–Л5	Станочное отделение	4,9	5,4	10	ВА47-29 1Р(С)
Группы Л6–Л12	Вспомогательные помещения	1,09	1,2	6	ВА47-29 1Р(С)

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Обозначение	Защищаемая цепь	$I_р$, А	$1,1 \times I_р$, А	$I_{н.р}$, А	Тип
QF6	Ввод ЩОа	–	–	16	ВА47-29 3Р(С)
Группы Л1а–Л5а	Аварийное освещение	4,9	5,4	10	ВА47-29 1Р(С)

Данные таблицы 14 показывают, что для всех линий выбранные автоматические выключатели ВА47-29 удовлетворяют условиям выбора по расцепителям и обеспечивают чувствительность защиты по току однофазного КЗ. Дополнительно для защиты сети освещения от импульсных перенапряжений в составе щита может быть предусмотрено устройство защиты от импульсных перенапряжений (УЗИП) [19]. Принятые аппараты обеспечивают селективное и надёжное отключение повреждённых участков, что завершает разработку силовой части осветительной установки и позволяет перейти к решениям по управлению.

13. Управление системой электроосвещения

Управление системой освещения спроектировано с учётом требований энергоэффективности [1] и реализует современный подход к автоматизации освещения промышленных и вспомогательных помещений [20]. В проекте приняты три уровня управления, дифференцированные по назначению помещений. Для станочного отделения предусмотрено местное и секционное управление рабочим освещением: групповые линии Л1–Л5 коммутируются раздельно, что позволяет включать освещение отдельных зон в зависимости от загрузки оборудования и режима работы смены. Для вспомогательных, складских и проходных зон принято автоматическое управление с применением датчиков присутствия и освещённости, которые включают и диммируют светильники по факту присутствия персонала и уровня естественной освещённости, обеспечивая дополнительную экономию электроэнергии и поддержание рабочей освещённости на нормируемом уровне. Аварийное (эвакуационное) освещение работает в независимом режиме с питанием от отдельного щита ЩОа и сохраняет работоспособность

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

при отключении рабочего освещения. Принятые решения по управлению сведены в таблицу 15.

Таблица 15

Принятые решения по управлению системой освещения

Зона управления	Способ управления	Технические средства	Эффект
Станочное отделение	Местное и секционное (по группам Л1–Л5)	Выключатели групп, распределение по фазам	Включение освещения по зонам и сменам
Склад, бытовка, проходные зоны	Автоматическое	Датчики присутствия и освещённости, диммирование	Снижение энергопотребления, поддержание нормы
Контора, комната отдыха	Местное с возможностью диммирования	Выключатели, регуляторы	Комфорт и экономия при наличии естественного света
Аварийное освещение	Независимое (автоматическое включение)	Щит ЩОа, отдельное питание	Безопасная эвакуация при отказе рабочего освещения

Из таблицы 15 следует, что принятая система управления сочетает местное управление в производственной зоне с автоматическим управлением во вспомогательных помещениях и независимым режимом аварийного освещения. Такое решение обеспечивает удобство эксплуатации, поддержание нормируемых показателей освещённости и дополнительное снижение энергопотребления за счёт отключения и диммирования освещения в незанятых зонах, что согласуется с энергоэффективной направленностью всего проекта.

Светотехническим расчётом методом коэффициента использования светового потока определены типы и число светильников: к установке принято 66 светодиодных светильников, обеспечивающих фактическую освещённость не ниже нормируемой во всех помещениях при равномерном распределении светового потока. Методом коэффициента расчётной активной мощности определена электрическая нагрузка системы освещения – установленная мощность составила около 6,5 киловатта, расчётная активная мощность около 6,2 киловатта, а расчётный ток ввода щита рабочего освещения около 9,9 ампера.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

Разработана осветительная электрическая сеть напряжением 380 на 220 вольт с системой заземления TN-S, включающая щит рабочего освещения и отдельный щит аварийного эвакуационного освещения с независимым питанием; нагрузка станочного отделения распределена по фазам для её выравнивания, число групп обосновано нагрузкой и удобством эксплуатации. Принят медный кабель ВВГнг(А)-LS: ввод щита рабочего освещения сечением пять на четыре, групповые линии сечением три на полтора квадратных миллиметра.

Проверка показала, что потеря напряжения не превышает двух процентов при допустимом значении 2,5 процента. Расчётом токов короткого замыкания в наиболее удалённой точке получены ток трёхфазного замыкания 364 ампера, двухфазного 315 ампер и однофазного 177 ампер. Выбраны автоматические выключатели ВА47-29 с характеристикой С, удовлетворяющие условиям выбора и обеспечивающие чувствительность защиты с большим запасом. Приняты решения по управлению, сочетающие местное и секционное управление производственной зоной с автоматическим управлением вспомогательными помещениями и независимым режимом аварийного освещения.

14. Разработка технологической карты монтажа (по заданию)

В данном разделе необходимо описать и привести разработанную технологическую карту монтажа ЭО согласно вашего задания.

Что обязательно включает Технологическая карта монтажа для этих объектов:

1. *Область применения:* К какому именно объекту относится ТК.

2. *Организация работ:* Последовательность этапов (подготовительный, основной, финишный).

3. *Перечень инструментов и приспособлений:* (например, для шинопровода – динамометрический ключ, для освещения – вышка-тура или монтажные пояса и т.д.).

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

4. *Требования к качеству:* Допуски по горизонтали/вертикали, моменты затяжки болтовых соединений, проверка изоляции (мегаомметром).

5. *Техника безопасности (ОТ и ТБ):* Работа на высоте, работы в электроустановках, использование СИЗ.

6. *Контроль выполнения:* Список операций, которые должен проверить мастер (входной контроль материалов, операционный контроль процесса, приемочный контроль).

15. Мероприятия по охране труда

Система электрического освещения непосредственно влияет на условия и безопасность труда работников производственного цеха, поскольку именно она формирует световую среду, в которой выполняются зрительно напряжённые операции металлообработки и сборки. Недостаточная освещённость вызывает зрительное и общее утомление, снижает точность операций и повышает вероятность ошибок и травм; чрезмерная и неравномерная освещённость, а также прямая и отражённая блёскость приводят к ослеплению и дискомфорту. Поэтому проектные решения по освещению рассматриваются как составная часть мероприятий по охране труда и принимаются с обеспечением нормируемых показателей световой среды по СП 52.13330.2016 [17] и СанПиН 1.2.3685-21 [12].

Первым и основным мероприятием является обеспечение нормируемой освещённости $E_н$ и равномерности её распределения на рабочих местах, что подтверждено результатами светотехнического расчёта главы 2. Во всех помещениях фактическая освещённость $E_ф$ принята не ниже нормируемой, благодаря чему работник видит объект различения без напряжения зрения. Для станочного отделения принята система комбинированного освещения, при которой общее освещение дополняется местным на рабочих местах, что повышает контраст и снижает утомляемость при операциях средней точности.

Вторым мероприятием является ограничение коэффициента пульсации освещённости $K_п$. Повышенная пульсация светового потока опасна при работе

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

на станках, поскольку вызывает стробоскопический эффект – кажущуюся остановку или замедление вращающихся деталей, что резко повышает риск травмирования. Применённые в проекте светодиодные светильники с качественными драйверами обеспечивают коэффициент пульсации менее 5 %, что заведомо ниже допустимых значений для всех помещений (не более 15 % для станочного отделения и не более 5 % для конторы) и фактически устраняет стробоскопический эффект [10].

Третьим мероприятием является ограничение слепящего действия осветительной установки, которое нормируется показателем ослеплённости и показателем дискомфорта [9]. Показатель ослеплённости характеризует степень снижения видимости из-за блёских источников в поле зрения и определяется выражением:

$$P = (S - 1) \times 1000 \qquad (21)$$

где P – показатель ослеплённости;

S – коэффициент ослеплённости, равный отношению пороговых разностей яркости объекта при наличии и при отсутствии блёских источников в поле зрения.

Для станочного отделения показатель ослеплённости не должен превышать нормируемого значения, что обеспечивается выбором светильников с рассеивателями и правильным их размещением на высоте 8 м, исключающим попадание прямого яркого света в поле зрения работника. Тем самым проектные решения ограничивают слепимость и сохраняют зрительную работоспособность в течение смены.

К дополнительным мероприятиям относятся обеспечение освещения проходов и зон обслуживания оборудования, а также наличие аварийного (эвакуационного) освещения, поддерживающего безопасное движение людей при отключении рабочего освещения. Маркировка путей эвакуации и эвакуационных выходов выполняется световыми знаками безопасности по ГОСТ 12.4.026 [4]. Совокупность опасных и вредных факторов, связанных со световой средой, и принятых мер по их снижению приведена в таблице 16.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Таблица 16

Опасные и вредные факторы световой среды и мероприятия по охране труда

Фактор	Возможные последствия	Проектное мероприятие
Недостаточная освещённость	Зрительное утомление, ошибки, травмы	Обеспечение $E_ф \geq E_н$ во всех помещениях
Неравномерность освещённости	Переадаптация зрения, утомление	Равномерное размещение светильников по сетке
Пульсация светового потока	Стробоскопический эффект, риск травм	Светодиодные светильники с $K_п$ менее 5 %
Прямая и отражённая блёскость	Ослепление, дискомфорт	Светильники с рассеивателями, размещение вне поля зрения
Отказ рабочего освещения	Опасность при эвакуации	Независимое аварийное освещение, знаки безопасности

Данные таблицы 16 показывают, что каждый из факторов световой среды, способных повлиять на безопасность труда, перекрыт конкретным проектным решением. Таким образом, принятая система освещения не только обеспечивает нормируемые показатели, но и формирует безопасные условия зрительной работы, что является основным вкладом проекта в охрану труда. Технические меры, обеспечивающие безопасность самой электроустановки, рассматриваются далее.

16. Мероприятия по электробезопасности и пожаробезопасности

Электробезопасность осветительной установки обеспечивается комплексом технических мер, принятых в соответствии с ПУЭ [13] и СП 256.1325800.2016 [15]. В проекте принята система заземления TN-S, в которой нулевой рабочий проводник N и нулевой защитный проводник PE разделены на всём протяжении сети. Такое решение исключает появление опасного потенциала на корпусах светильников и щитов при повреждении изоляции и обеспечивает надёжную работу защиты. Схема системы заземления и принятых защитных мер приведена на рисунке 8.

На рисунке 8 показано, что защитный проводник PE связывает корпуса светильников и щитов с главной заземляющей шиной и контуром заземления, а в составе щита предусмотрена дифференциальная защита. Защита от

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

поражения электрическим током реализована сочетанием трёх мер: защитного зануления (присоединения открытых проводящих частей к PE), защитного автоматического отключения питания и применения устройств защитного отключения (УЗО). Сопротивление заземляющего устройства принято не более 4 Ом.

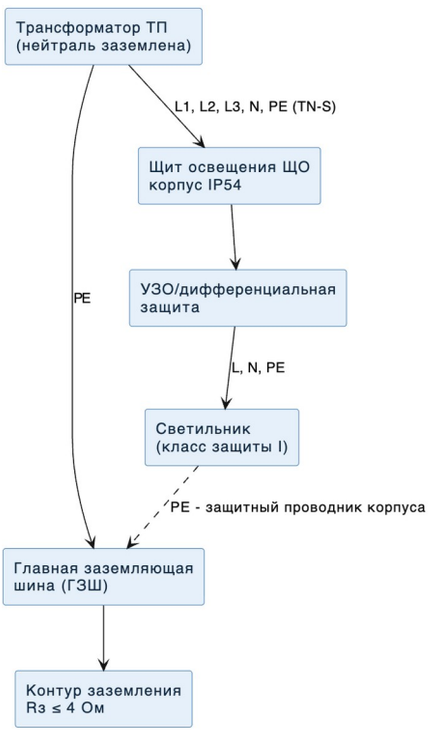


Рисунок 8 – Схема системы заземления TN-S и защитных мер электробезопасности

Защитное автоматическое отключение питания обеспечивается ранее выбранными автоматическими выключателями. Его эффективность подтверждена в пункте 2.8 проверкой чувствительности по условию $I_{к}^{(1)} \geq 3 \times I_{н,р}$, которое выполняется во всех линиях с большим запасом, что гарантирует отключение повреждённого участка за нормируемое время. Дополнительной мерой защиты от поражения током при прямом и косвенном прикосновении служит устройство защитного отключения, номинальный отключающий дифференциальный ток которого выбирается по условию:

$$I_{\Delta n} \geq 3 \times I_{\Delta} \quad (22)$$

где $I_{\Delta n}$ – номинальный отключающий дифференциальный ток УЗО, мА;

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

I_{Δ} – суммарный ток утечки защищаемой сети, мА.

Выполнение этого условия исключает ложные срабатывания при нормальных токах утечки и одновременно обеспечивает отключение при опасной утечке. Степень защиты оболочек светильников и щитов принята в соответствии с условиями среды каждого помещения по ГОСТ 14254 [5]: IP54 для станочного отделения и технических помещений, IP65 для склада и бытовки, IP40 для административных помещений. Светильники приняты класса защиты I с занулением корпуса, а корпуса щитов выполнены в исполнении IP54.

Пожарная безопасность электроустановки обеспечивается в соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ [3] и СП 6.13130.2021 [14]. Основным решением является применение кабеля ВВГнг(А)-LS, не распространяющего горение при групповой прокладке и с пониженным дымо- и газовыделением, что соответствует требованиям пожарной безопасности к кабельным изделиям [8]. Защита от сверхтоков автоматическими выключателями исключает перегрев и воспламенение проводки при перегрузке и коротком замыкании, а раздельное питание аварийного освещения от щита ЩОа обеспечивает освещение путей эвакуации при пожаре [16]. Принятые меры электро- и пожаробезопасности сведены в таблицу 17.

Таблица 17

Технические мероприятия по электро- и пожаробезопасности

Мероприятие	Техническое решение	Нормативный документ
Защита от поражения током	Система TN-S, защитное зануление	ПУЭ [13]
Защитное отключение	Автоматические выключатели, УЗО	ПУЭ [13]; СП 256.1325800.2016 [15]
Заземление	Контур заземления $R_з \le 4$ Ом	ПУЭ [13]
Защита оболочек по среде	Степень защиты IP40–IP65	ГОСТ 14254 [5]
Пожаробезопасность кабелей	Кабель ВВГнг(А)-LS	ГОСТ 31565 [8]
Защита от сверхтоков	Автоматы ВА47-29 с характеристикой C	ФЗ № 123-ФЗ [3]; СП 6.13130.2021 [14]
Освещение при эвакуации	Независимое аварийное освещение (ЩОа)	СП 439.1325800.2018 [16]

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

Из таблицы 17 следует, что комплекс принятых решений обеспечивает безопасную эксплуатацию осветительной установки как по электробезопасности, так и по пожаробезопасности на всех уровнях – от источника питания до отдельного светильника. Сочетание системы TN-S, защитного отключения, соответствующей степени защиты оболочек и негорючего кабеля исключает поражение людей током и возгорание электропроводки, что отвечает требованиям действующих норм. Воздействие проекта на окружающую среду рассматривается в следующем пункте.

17. Мероприятия по экологии

Экологический аспект проекта определяется как составом применяемого оборудования, так и снижением энергопотребления системы освещения. В проекте приняты светодиодные светильники, которые по экологическим характеристикам существенно превосходят прежнюю установку на разрядных лампах ДРЛ и люминесцентных лампах [18]. Светодиодные светильники не содержат ртути и других опасных веществ, обладают длительным сроком службы (около 50 000 ч против 12 000–15 000 ч у заменяемых ламп), что в несколько раз сокращает число замен и, соответственно, объём образующихся отходов. Переход на светодиодное оборудование исключает образование ртутьсодержащих отходов, характерных для прежней осветительной установки, что является значимым положительным экологическим результатом проекта.

Отходы, образующиеся при эксплуатации проектируемой установки, относятся к малоопасным и подлежат раздельному сбору и передаче специализированным организациям в соответствии с законодательством об охране окружающей среды [2]. Светодиодные светильники по истечении срока службы передаются на утилизацию как электронные изделия с извлечением вторичных материалов; кабельные обрезки и металлоконструкции относятся к перерабатываемым отходам; упаковочные материалы передаются на

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

вторичную переработку. Виды отходов и порядок обращения с ними приведены в таблице 18.

Таблица 18

Отходы проекта и порядок обращения с ними

Вид отхода	Класс опасности	Порядок обращения
Светодиодные светильники (по истечении срока службы)	Малоопасный (не содержит ртути)	Передача на утилизацию электронных изделий
Кабельные обрезки, медь	Малоопасный	Передача на переработку вторичных металлов
Металлоконструкции, корпуса щитов	Малоопасный	Сдача в металлолом, переработка
Упаковочные материалы	Практически неопасный	Вторичная переработка

Данные таблицы 18 показывают, что отходы проекта не содержат ртути и относятся к малоопасным и перерабатываемым, что выгодно отличает светодиодную установку от заменяемой и снижает нагрузку на окружающую среду. Помимо снижения отходов, проект даёт косвенный экологический эффект за счёт сокращения энергопотребления: уменьшение потребляемой электроэнергии снижает выработку на электростанциях и связанные с ней выбросы диоксида углерода. Снижение годовых выбросов оценивается выражением:

$$m_{CO2} = \Delta W_{год} \times k_{CO2} \quad (23)$$

где m_{CO2} – снижение годовых выбросов диоксида углерода, кг;

$\Delta W_{год}$ – годовая экономия электроэнергии, кВт·ч;

k_{CO2} – удельный коэффициент эмиссии диоксида углерода, кг на кВт·ч.

Принимая ориентировочную годовую экономию электроэнергии $\Delta W_{год} =$ 63750 кВт·ч (точное значение определяется в экономическом разделе) и удельный коэффициент эмиссии $k_{CO2} = 0{,}5$, получаем:

$m_{CO2} = 63750 \times 0{,}5 = 31875$ кг.

Снижение выбросов диоксида углерода составляет около 31,9 т в год, что является ощутимым вкладом проекта в снижение нагрузки на окружающую

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

среду и согласуется с целями энергосбережения [1, 21]. Обобщённые экологические показатели проекта приведены в таблице 19.

Таблица 19

Экологические показатели проектного решения

Показатель	Базовый вариант (ДРЛ, люминесцентные)	Проектный вариант (светодиодный)
Содержание ртути	Имеется	Отсутствует
Срок службы источника, ч	12 000–15 000	около 50 000
Образование ртутьсодержащих отходов	Да	Нет
Установленная мощность, кВт	около 32	около 6,5
Снижение выбросов CO_2, т в год	–	около 31,9

Сравнение в таблице 19 подтверждает экологическое преимущество принятого решения по всем основным показателям: отсутствие ртути, увеличение срока службы, исключение опасных отходов и существенное снижение выбросов диоксида углерода за счёт меньшего энергопотребления. Таким образом, проектируемая система освещения не только обеспечивает безопасность труда и эксплуатации, но и обладает выраженной экологической эффективностью, что в совокупности с экономическими показателями, определяемыми в следующей главе, характеризует проект как современное и рациональное техническое решение.

Итак, в третьем разделе обоснован комплекс мероприятий, обеспечивающих безопасную и экологически рациональную эксплуатацию проектируемой установки. По охране труда показано, что принятые решения обеспечивают нормируемую освещённость и равномерность на рабочих местах, ограничивают коэффициент пульсации до уровня менее пяти процентов и снижают слепящее действие, благодаря чему устраняется стробоскопический эффект и сохраняется зрительная работоспособность персонала при выполнении точных операций металлообработки и сборки. Безопасность движения людей при отключении рабочего освещения обеспечивается независимым аварийным освещением и световыми знаками безопасности.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

По электробезопасности приняты система TN-S с защитным занулением открытых проводящих частей, защитное автоматическое отключение питания, устройства защитного отключения и заземляющее устройство сопротивлением не более четырёх Ом, а степень защиты оболочек светильников и щитов соответствует условиям среды каждого помещения. Пожарная безопасность обеспечивается применением кабеля ВВГнг(А)-LS, не распространяющего горение и обладающего пониженным дымо- и газовыделением, а также защитой от сверхтоков автоматическими выключателями. По экологии установлено, что принятое светодиодное оборудование не содержит ртути и обладает длительным сроком службы около пятидесяти тысяч часов, что исключает образование ртутьсодержащих отходов, характерных для прежней установки; отходы проекта относятся к малоопасным и перерабатываемым. Снижение энергопотребления даёт косвенный экологический эффект в виде сокращения выбросов диоксида углерода примерно на 31,9 тонны в год.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В курсовой работе разработан проект современной энергоэффективной системы электрического освещения помещений производственного цеха, выполненной на светодиодных светильниках. Поставленная цель достигнута: получено законченное и внутренне согласованное проектное решение, обеспечивающее нормируемые показатели качества освещения, безопасность эксплуатации и значительное снижение энергопотребления по сравнению с действующей устаревшей установкой на разрядных и люминесцентных источниках света.

В ходе работы выполнен анализ производственного цеха. Установлено, что производственный цех представляет собой одноэтажное производственное здание общей площадью 1440 квадратных метров, в составе которого выделены станочное отделение, склад, трансформаторная подстанция, вентиляторная, бытовка, инструментальная, контора и комната отдыха. Для каждого помещения определены назначение, размеры, условия среды и требования к степени защиты светильников, а также обоснованы нормируемые показатели освещения – нормируемая освещённость, разряд зрительной работы, допустимый коэффициент пульсации, коэффициент эксплуатации и коэффициенты отражения поверхностей. Тем самым сформирована исходная база для последующих расчётов и обоснован выбор светодиодных источников света как наиболее соответствующих современным требованиям.

В организационно-технологическом разделе светотехническим расчётом методом коэффициента использования светового потока определены типы и число светильников по помещениям. К установке принято 66 светодиодных светильников, обеспечивающих фактическую освещённость не ниже нормируемой во всех помещениях. Методом коэффициента расчётной активной мощности определена электрическая нагрузка системы освещения: установленная мощность составила около 6,5 киловатта, расчётная активная мощность – около 6,2 киловатта, а расчётный ток ввода щита рабочего освещения – около 9,9 ампера. Разработана осветительная электрическая сеть

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

напряжением 380 на 220 вольт с системой заземления TN-S, включающая щит рабочего освещения и отдельный щит аварийного эвакуационного освещения с независимым питанием, а нагрузка станочного отделения распределена по фазам для её выравнивания. Выбраны кабели марки ВВГнг(А)-LS, выполнены проверка потери напряжения, не превысившей двух процентов, и расчёт токов короткого замыкания, подтвердивший чувствительность защиты. Выбраны аппараты защиты и коммутации – модульные автоматические выключатели с характеристикой С, удовлетворяющие всем условиям выбора, и приняты решения по управлению, сочетающие местное и секционное управление производственной зоной с автоматическим управлением вспомогательными помещениями и независимым режимом аварийного освещения.

Таким образом, курсовой проект обеспечивает соблюдение нормируемых показателей качества освещения, повышает безопасность труда и эксплуатации, снижает нагрузку на окружающую среду и даёт существенный экономический эффект, что делает его пригодным для практической реализации в целях модернизации осветительной установки цеха.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 31.07.2025) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности, и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

2. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ (ред. от 28.12.2025) "Об охране окружающей среды" (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.03.2026) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

3. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 31.07.2025) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

4. ГОСТ 12.4.026-2015. Межгосударственный стандарт. Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний (введен в действие Приказом Росстандарта от 10.06.2016 N 614-ст) (ред. от 29.11.2018) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

5. ГОСТ 14254-2015 (IEC 60529:2013). Межгосударственный стандарт. Степени защиты, обеспечиваемые оболочками (Код IP) (введен в действие Приказом Росстандарта от 10.06.2016 N 604-ст) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

6. ГОСТ 16703-2022. Межгосударственный стандарт. Приборы и комплексы осветительные. Термины и определения (введен в действие Приказом Росстандарта от 16.06.2023 N 405-ст) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

7. ГОСТ 21.608-2021. Межгосударственный стандарт. Система проектной документации для строительства. Правила выполнения рабочей документации внутреннего электрического освещения (введен в действие Приказом Росстандарта от 10.12.2021 N 1760-ст) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

8. ГОСТ 31565-2012. Межгосударственный стандарт. Кабельные изделия. Требования пожарной безопасности (введен в действие Приказом Росстандарта от 22.11.2012 N 1097-ст) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

9. ГОСТ 33392-2015. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Метод определения показателя дискомфорта при искусственном освещении помещений (введен в действие Приказом Росстандарта от 03.11.2015 N 1693-ст) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

10. ГОСТ 33393-2015. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Методы измерения коэффициента пульсации освещенности (введен в действие Приказом Росстандарта от 30.11.2015 N 2079-ст) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

11. ГОСТ 34819-2021. Межгосударственный стандарт. Приборы осветительные. Светотехнические требования и методы испытаний (введен в действие Приказом Росстандарта от 20.01.2022 N 28-ст) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

12. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28.01.2021 N 2 (ред. от 17.03.2025) «Об утверждении санитарных правил и норм СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания» (вместе с «СанПиН 1.2.3685-21. Санитарные правила и нормы...») // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

13. Правила устройства электроустановок (ПУЭ) - 7-е издание // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

14. Приказ МЧС России от 06.04.2021 N 200 "Об утверждении свода правил СП 6.13130.2021 "Системы противопожарной защиты. Электроустановки низковольтные. Требования пожарной безопасности" // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

15. СП 256.1325800.2016. Свод правил. Электроустановки жилых и

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

общественных зданий. Правила проектирования и монтажа (утв. Приказом Минстроя России от 29.08.2016 N 602/пр) (ред. от 25.12.2025) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

16. СП 439.1325800.2018. Свод правил. Здания и сооружения. Правила проектирования аварийного освещения (утв. и введен в действие Приказом Минстроя России от 26.11.2018 N 747-пр) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

17. СП 52.13330.2016. Свод правил. Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95* (утв. Приказом Минстроя России от 07.11.2016 N 777/пр) (ред. от 28.12.2021) // Доступ из справочной правовой системы КонсультантПлюс.

18. Богданов А.Д., Солопов Р.В. Сравнительный анализ расчета систем освещения различного типа на базе промышленных помещений // Актуальные вопросы энергетики. – 2021. – Т. 3. – № 1. – С. 9–13.

19. Галиулина А.Р. Современные тенденции в электрическом искусственном освещении промышленных предприятий // Технические и естественно-научные достижения современности: актуальные вопросы и разработки: сборник научных статей. – Волгоград, 2024. – С. 131–134.

20. Карпов П.Н., Косоруков А.В., Кутузова Н.Б., Пашичева С.А., Титков В.В. О применении УЗИП для защиты сети освещения // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2020. – № 4 (61). – С. 78–83.

21. Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Туктарев М.Л., Краснолуцкая М.Г. Разработка цифровой автоматизированной системы управления для реализации энергоэффективного освещения // Тенденции развития науки и образования. – 2023. – № 95-6. – С. 66–68.

22. Кускова Е. В. Анализ применения энергосберегающих технологий // Вестник науки. - 2025. - № 5 (86). С. 12-15.

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

18. Варианты задания на курсовой проект

Вариант 0

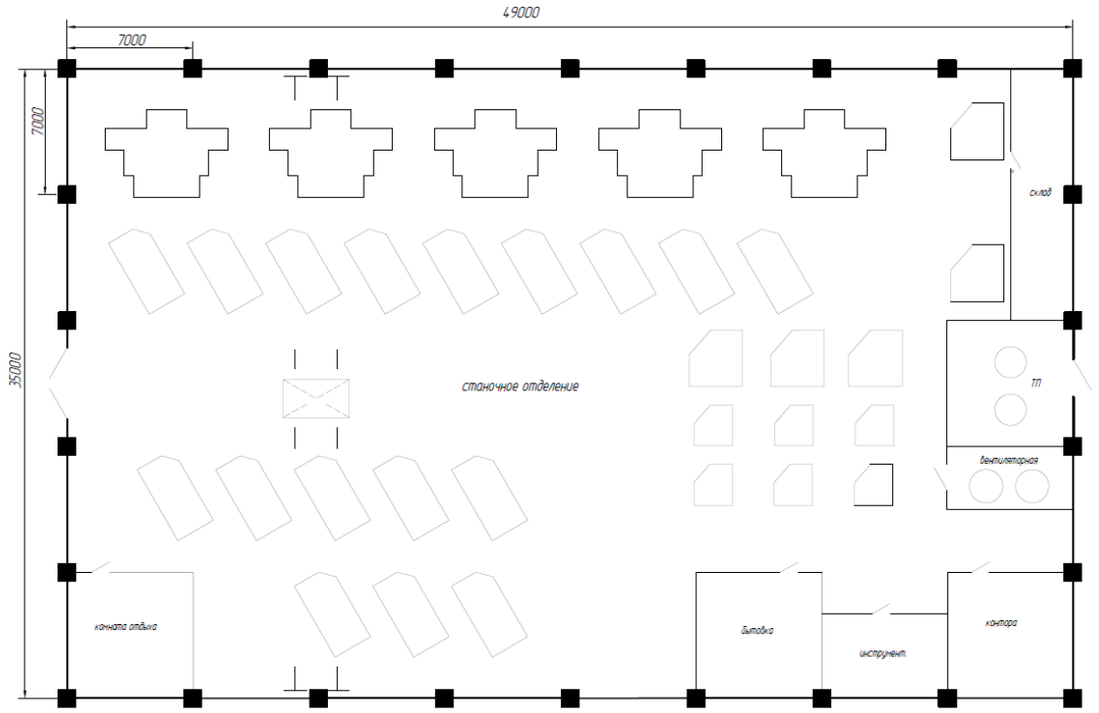


Рисунок к варианту 0

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	49×35 м
Общая площадь помещений	1715 м²
Сетка колонн	7×7 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	10	IP65	1,	70/50/30

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

		0		4	
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 1

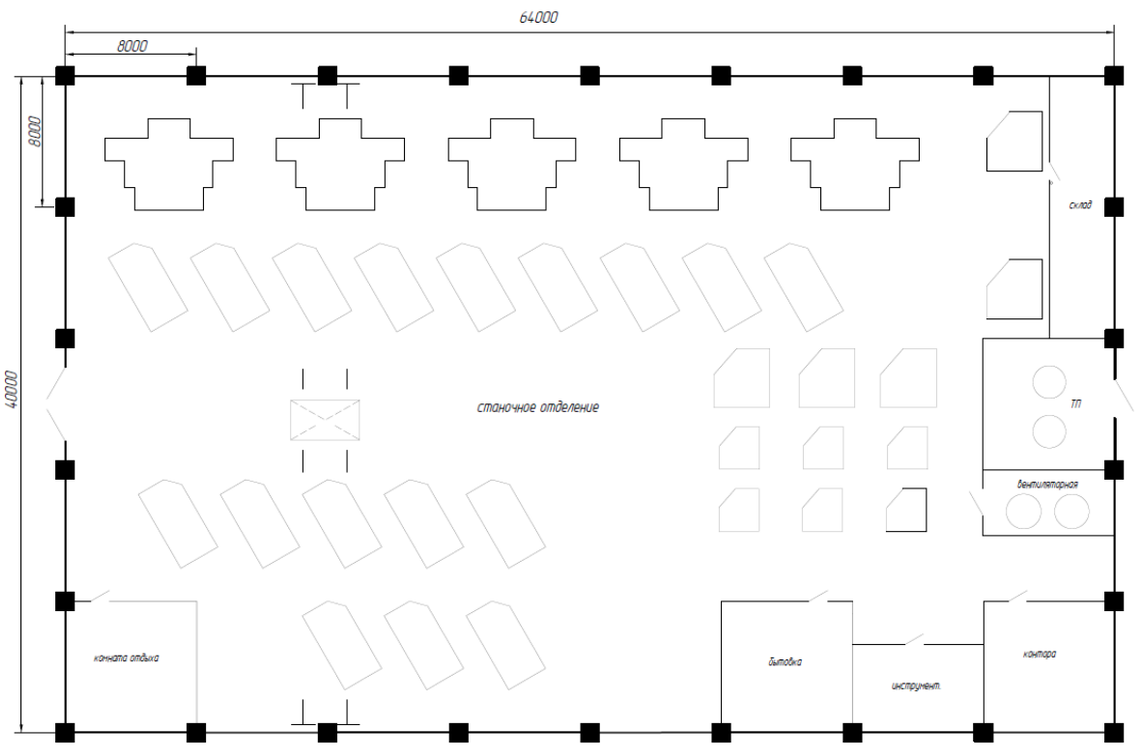


Рисунок к варианту 1

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	64×40 м
Общая площадь помещений	2560 м²
Сетка колонн	8×8 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Склад	4	75	IP65	1, 4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1, 4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1, 4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1, 4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1, 4	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1, 2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1, 2	70/50/30

Вариант 2

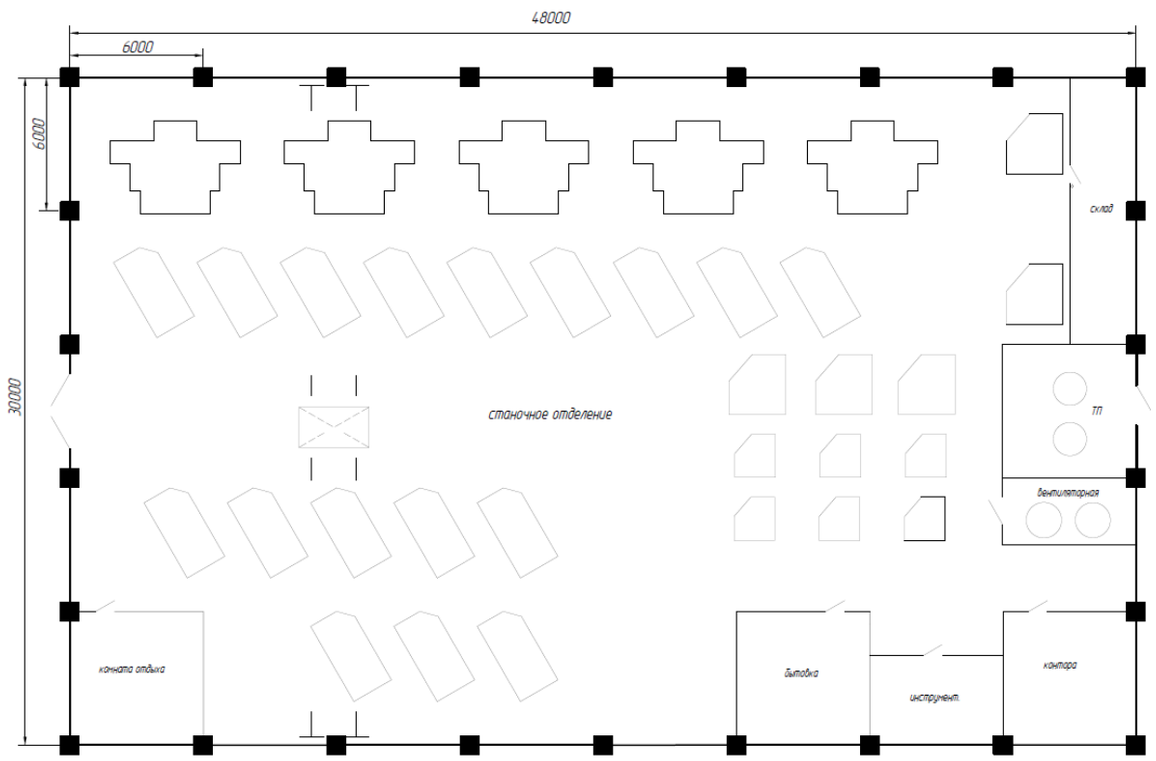


Рисунок к варианту 2

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	48×30 м
Общая площадь помещений	1440 м²
Сетка колонн	6×6 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	300	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,2	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,2	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 3

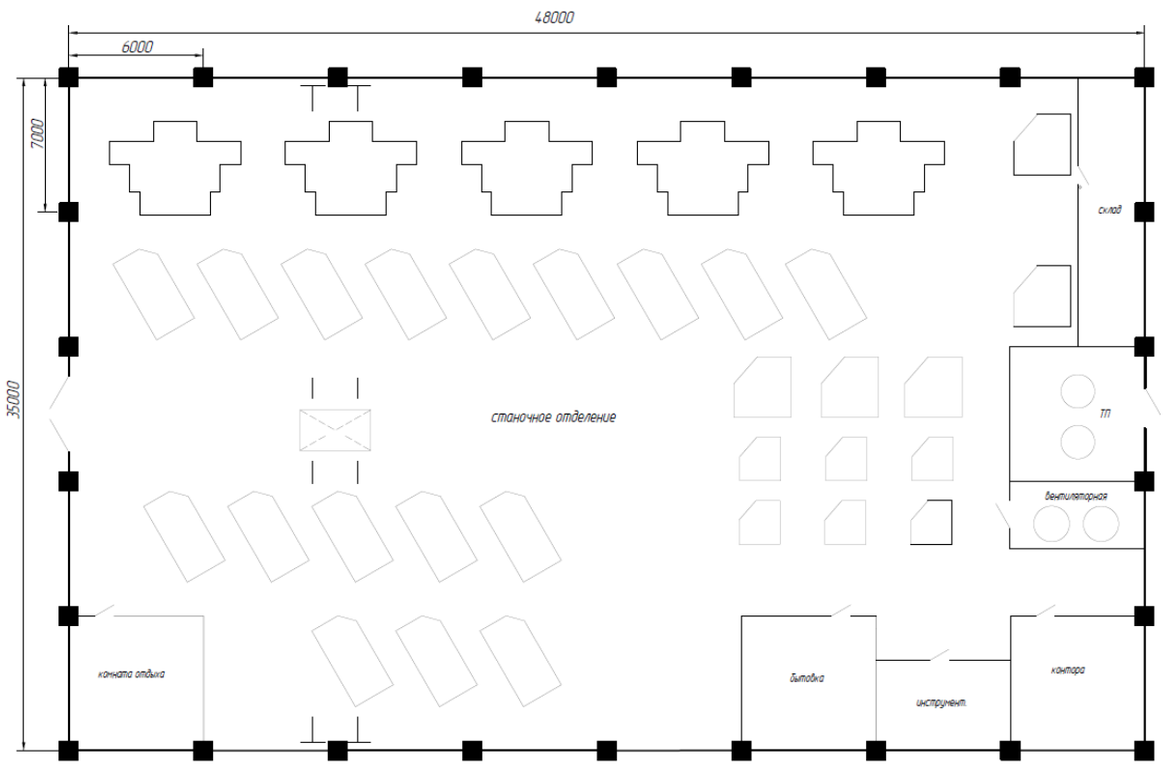


Рисунок к варианту 3

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	48×35 м
Общая площадь помещений	1680 м²
Сетка колонн	7×6 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_з$	Коэффициент отражения потолок/стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 4

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

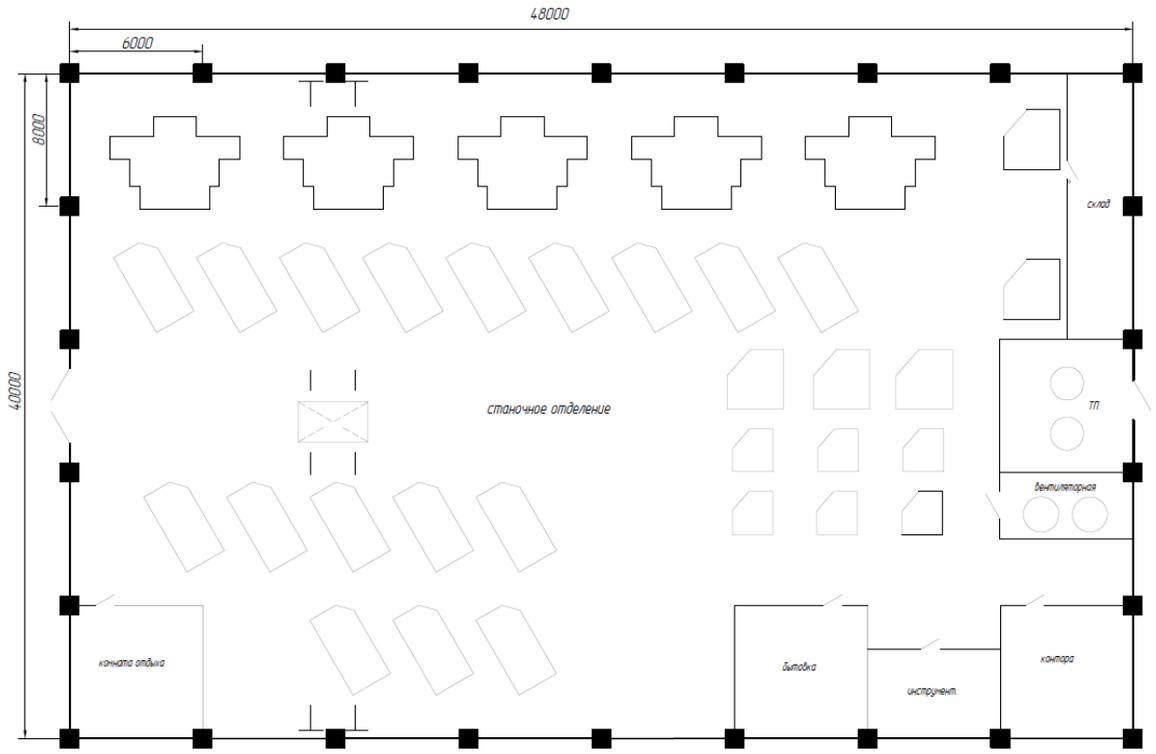


Рисунок к варианту 4

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	48×40 м
Общая площадь помещений	1920 м²
Сетка колонн	8×6 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 5

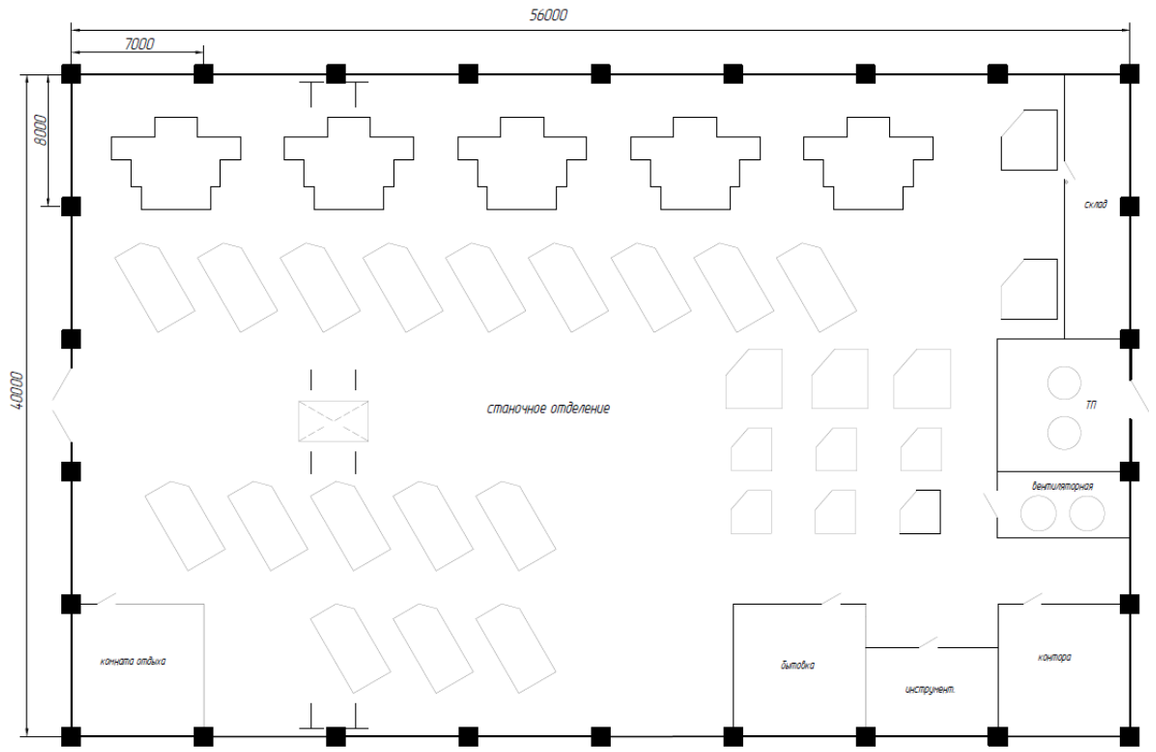


Рисунок к варианту 5

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	56×40 м
Общая площадь помещений	2240 м²
Сетка колонн	8×7 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_з$	Коэффициент отражения потолок/стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 6

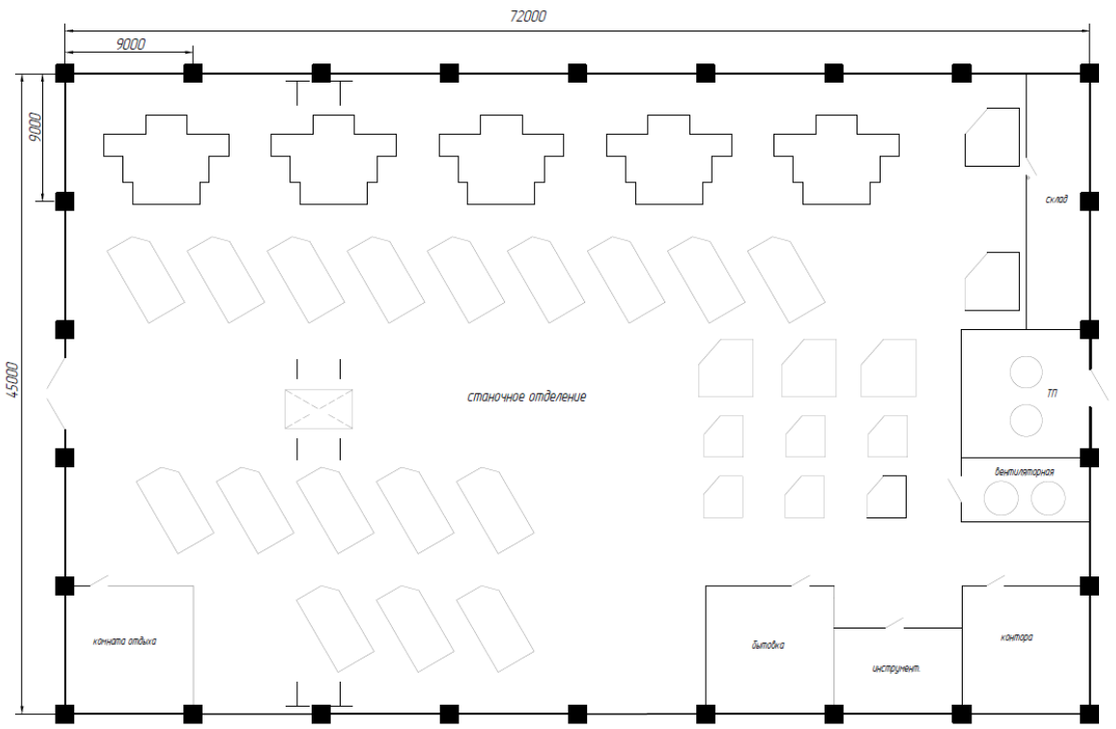


Рисунок к варианту 6

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	72×45 м
Общая площадь помещений	3240 м²
Сетка колонн	9×9 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 7

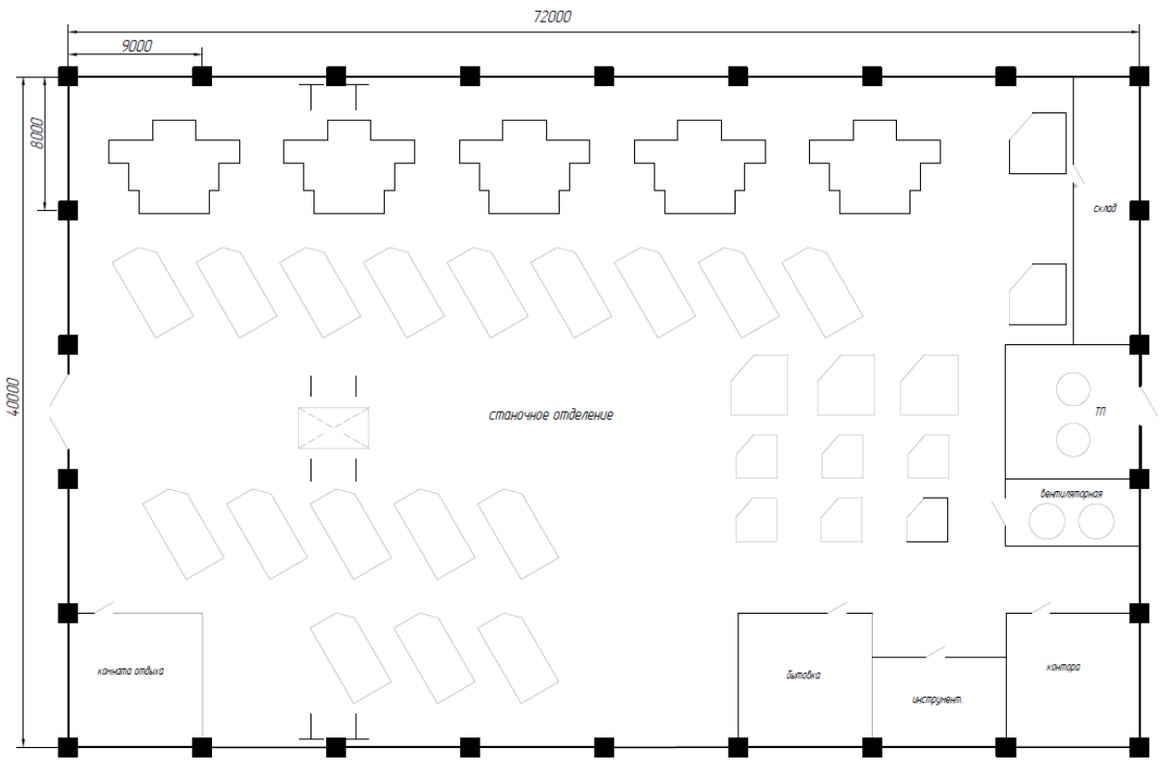


Рисунок к варианту 7

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

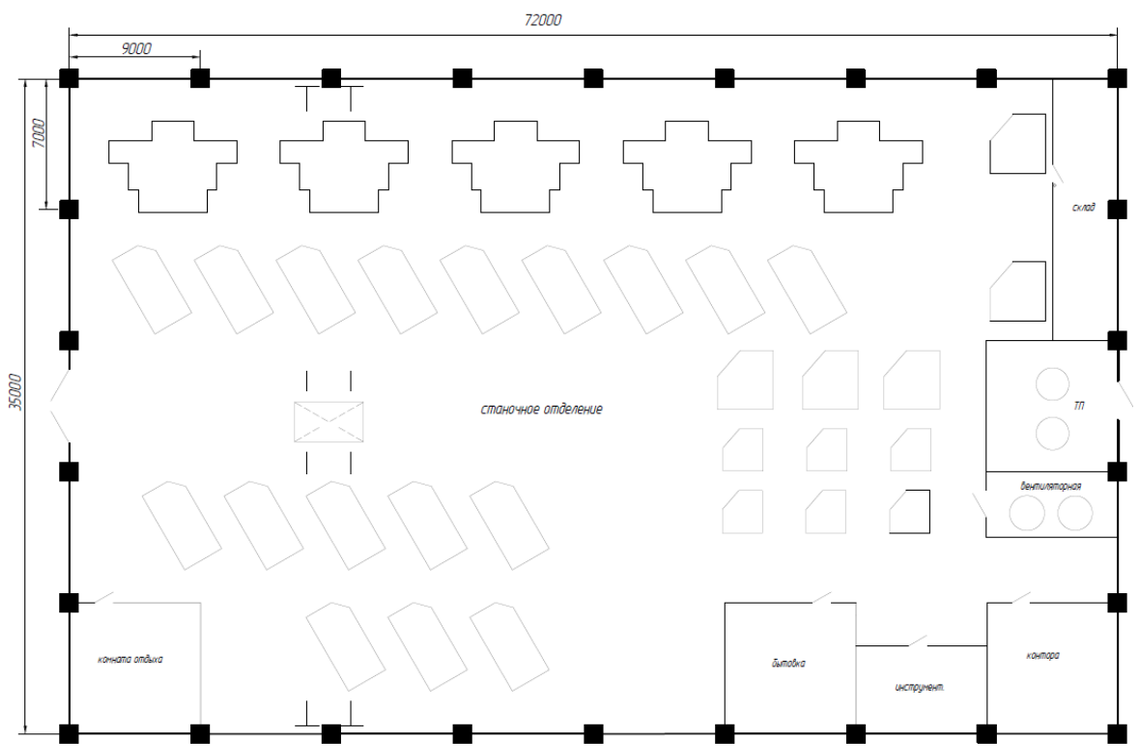
Габариты в осях	72×40 м
Общая площадь помещений	2880 м²
Сетка колонн	9×8 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 8



Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Рисунок к варианту 8

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	72×35 м
Общая площадь помещений	2520 м²
Сетка колонн	9×7 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10
Контора	4	300	IP40	1,2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1,2	70/50/30

Вариант 9

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

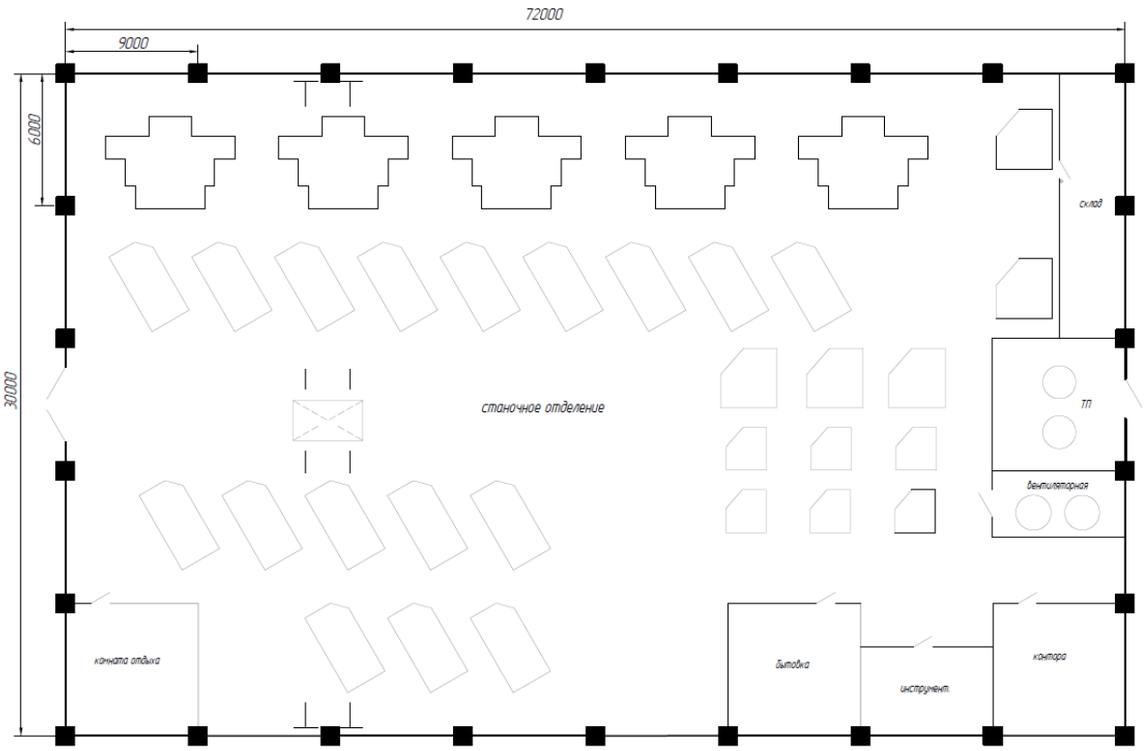


Рисунок к варианту 9

Таблица 1

Основные сведения о производственном цехе

Показатель	Характеристика
Наименование	Производственный цех
Тип здания	Одноэтажное производственное здание
Габариты в осях	72×35 м
Общая площадь помещений	2520 м²
Сетка колонн	9×6 м
Производственное ядро	Станочное отделение
Действующее освещение	Разрядные (ДРЛ) и люминесцентные светильники, подлежат замене

Таблица 2

Основные сведения о помещениях цеха

Помещение	Высота установки светильников, м	$E_н$, лк	Требуемая степень защиты светильников	$K_э$	Коэффициент отражения потолок/ стены/пол, %
Станочное отделение	8	200	IP54	1,5	50/30/10
Склад	4	75	IP65	1,4	50/30/10
ТП	4	100	IP54	1,4	50/30/10
Вентиляторная	4	75	IP54	1,4	50/30/10
Бытовка	4	100	IP65	1,4	70/50/30
Инструментальная	4	200	IP54	1,4	50/30/10

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru

Контора	4	300	IP40	1, 2	70/50/30
Комната отдыха	4	150	IP40	1, 2	70/50/30

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер disynergy.ru

19. Варианты задания на разрабатывается технологическая ката

Выбирается с таблицы 3 по предпоследнему цифру номера договора согласно методики описанного в разделе 3 данного методического указания.

Таблица 3

Варианты задания на разрабатывается технологическая ката

№ вариант а	Вир работы для которой разрабатывается технологическая ката
0	**Светильники промышленного типа:** Монтаж светильников на тросовых подвесах, монтаж на фермах перекрытия или на кронштейнах к стенам/колоннам. ТК включает последовательность крепления, подключения кабеля и юстировки.
1	**Световые линии:** Монтаж модульных световых систем на базе профилей, требующих стыковки и подвеса по всей длине пролета.
2	**Кабельные лотки (металлические):** Установка консолей, подвесов, монтаж самих лотков, заземление трассы и укладка кабелей.
3	**Трубная прокладка (стальные или ПНД трубы):** Монтаж жестких стальных труб для защиты кабеля в агрессивных средах или зонах с высокой механической нагрузкой.
4	**Шинопроводы:** Магистральные и распределительные шинопроводы (очень ответственный процесс, требующий точности стыковки секций и затяжки болтовых соединений динамометрическим ключом).
5	**Щитовое оборудование (ЩО, ШР, ВРУ):** Монтаж шкафов на закладные конструкции, подключение питающих кабелей большого сечения, разделка жил, выполнение контуров заземления дверцы и корпуса.
6	**Распределительные коробки:** Разделка кабеля, пайка или использование клеммных соединителей (WAGO, сжимы), обеспечение герметичности (IP).
7	**Пускорегулирующая аппаратура (ПРА):** Установка постов управления, кнопок «Аварийный стоп», частотных преобразователей в шкафах управления.
8	**Контур заземления внутри цеха:** Присоединение технологического оборудования к главной заземляющей шине (ГЗШ), монтаж проводников заземления по стенам и колоннам.
9	**Монтаж промышленных светильников** на высотных отметках с использованием вышки-туры

Помогу с учебным заданием без предоплаты. Оплата после выполнения
Нажмите на мессенджер, чтобы написать
Telegram ↗ WhatsApp ↗ MAX ↗
+7 (924) 305-23-08 · Пишите в мессенджер
disynergy.ru