

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П.Грязева
Кафедра «Электротехника и электрооборудование»

Утверждено на заседании кафедры
«01» августа 2021 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой

_____ А.Э. Соловьёв

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению контрольно-курсовой работы
по дисциплине (модулю)
«Потребители электрической энергии»

основной профессиональной образовательной программы
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки
13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

с направленностью (профилем)
Электрооборудование и электрохозяйства предприятий,
организаций и учреждений

Форма(ы) обучения: очная, заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 130302-01-21

Тула 2021 год

Разработчик(и) методических указаний

Полевой Валерий Евгеньевич, проф., к.т.н., проф.

Расчёт системы общего искусственного освещения

1 Основные понятия и определения

При расчёте искусственного освещения необходимо принять систему освещения, выбрать источник света, определить нормированную освещенность рабочих поверхностей, распределить светильники по потолку, определить мощность и количество светильников для создания равномерного и достаточного освещения рабочих мест.

Для расчёта искусственного освещения используют один из трёх методов:

- по коэффициенту использования светового потока;
- точечный метод;
- метод удельной мощности.

В расчётах применяются следующие светотехнические величины:

- *световой поток* Φ – лучистая энергия, которая воспринимается человеком как свет. Единицей измерения светового потока является *люмен* (лм);

- *освещённость* E – поверхностная плотность светового потока, численно равная отношению светового потока Φ , равномерно падающего на освещаемую поверхность, к площади этой поверхности S .

$$E = \Phi / S .$$

Единицей освещённости является *люкс* (лк).

2 Расчёт по методу коэффициента использования светового потока

Освещаемый объём помещения ограничивается ограждающими поверхностями, отражающими значительную часть светового потока, попадающего на них от источников света. Отражающими поверхностями являются пол, стены, потолок и оборудование, установленное в помещении. В тех случаях, когда поверхности, ограничивающие пространство, имеют высокие значения коэффициентов отражения, отраженная составляющая освещенности может иметь большое значение и ее учет необходим, поскольку отраженные потоки могут быть сравнимы с прямыми и их недооценка может привести к значительным погрешностям в расчетах. Рассматриваемый метод позволяет производить расчет осветительной установки (ОУ) с учётом прямой и отраженной составляющих освещенности и применяется для расчёта общего равномерного освещения горизонтальных поверхностей, равновеликих полу, при использовании

светильников любого типа.

Под коэффициентом использования светового потока (или осветительной установки) η (э'та) принято понимать отношение светового потока, падающего на расчетную плоскость, к световому потоку источников света

$$\eta = \frac{\Phi_{\text{пад}}}{n \cdot \Phi_{\text{л}}} \quad (1)$$

где $\Phi_{\text{пад}}$ – световой поток, падающий на расчётную плоскость;

n – число источников света;

$\Phi_{\text{л}}$ – световой поток источника света (светильника).

Коэффициент использования осветительной установки, характеризующий эффективность использования светового потока источников света, определяется, с одной стороны, светораспределением и размещением светильников, а с другой – соотношением размеров освещаемого помещения и отражающими свойствами его поверхностей.

Расчёт производится по следующей формуле:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta} \quad (2)$$

где $E_{\text{н}}$ – нормированная освещённость, лк;

S – освещаемая площадь (площадь расчётной поверхности), м²;

k – коэффициент запаса;

z – коэффициент минимальной освещённости,

$$z = E_{\text{ср}} / E_{\text{min}} ;$$

N – количество принятых светильников, шт.

η – коэффициент использования светового потока.

При выбранном типа светильника и спектральном типе ламп световой поток ламп в каждом светильнике $\Phi_{\text{л1}}$ может иметь различные значения. Число светильников в ряду N определяется следующим выражением:

$$N = \frac{\Phi}{\Phi_{\text{л1}}} , \quad (3)$$

где $\Phi_{\text{л1}}$ – световой поток ламп в каждом светильнике.

Суммарная длина светильников сопоставляется с длиной помещения, причём возможны следующие случаи:

- суммарная длина светильников превышает длину помещения – необходимо или применить более мощные лампы (у которых поток на единицу длины больше), или увеличить число рядов;

- суммарная длина светильников равна длине помещения – задача решается устройством непрерывного ряда светильников;

- суммарная длина светильников меньше длины помещения – принимается ряд с равномерно распределенными вдоль него разрывами между светильниками λ (лямбда).

Рекомендуется, чтобы λ не превышало примерно 0,5 расчётной высоты (кроме случая использования многоламповых светильников в помещениях общественных и административных зданий).

Количество светильников или рядов определяют методом распределения по площади (развешивания) для достижения равномерной освещенности. Основным параметром для развешивания светильников является отношение высоты подвеса ($H_{\text{п}}$) к расстоянию между светильниками или рядами (L), при котором создается равномерное освещение ($H_{\text{п}}/L = \lambda$).

Различают наиболее выгодное светотехническое расположение светильников $\lambda_{\text{с}}$, при котором достигается наибольшая равномерность освещённости по площади помещения, и энергетически наиболее выгодное расположение $\lambda_{\text{э}}$, когда обеспечивается нормируемая освещенность при наименьших энергетических затратах. Значения $\lambda_{\text{с}}$ и $\lambda_{\text{э}}$ для некоторых типов светильников приведены в таблице 14.

В остальных случаях λ принимают в пределах 1,4-2,5.

Например:

- при размещении светильников по углам квадратов или прямоугольников – $\lambda = 1,4-1,8$;

- при шахматном расположении светильников – $\lambda = 1,8-2,5$.

Расстояние между светильниками должно быть меньше двух высот подвеса светильников.

Расстояние от стен помещения до крайних светильников может быть рекомендовано равным $1/3 L$. (при расположении светильников вдоль стен) и $0,4-0,5 L$ при удалении рабочих мест от стен.

Коэффициент z , характеризующий неравномерность освещения, является функцией многих переменных и в наибольшей степени зависит от отношения расстояния между светильниками к расчётной высоте, с учётом которого величина z резко возрастает. При отношении $L/H_{\text{п}}$ не превышающих рекомендуемых значений, можно принимать величину z равной 1,15 для ламп накаливания и ДРЛ и 1,1 для люминесцентных ламп при расположении светильников в виде светящихся линий. Для отраженного освещения можно

считать $z = 1,0$.

Коэффициенты использования светового потока для принятого типа светильника определяют по индексу помещения i и коэффициентам отражения потолка, стен и пола.

Индекс помещения рассчитывают по формуле:

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\Pi}(A + B)}, \quad (3)$$

где A и B – соответственно длина и ширина помещения, м;

h_{Π} – высота подвеса светильников, м.

По формуле (2) можно решить и обратную задачу задавшись мощностью лампы и найдя её световой поток по таблице, определяют необходимое число светильников. После этого их равномерно располагают по освещаемой поверхности.

Пример 1. Расчёт системы искусственного освещения офиса

Задание. Рассчитать систему искусственного освещения (определить число светильников и мощность осветительной системы).

Расчёт искусственного освещения выполняем по методу коэффициента использования светового потока. Помещение характеризуется нормальными условиями среды ($t = 22-25$ °С, относительная влажность воздуха 70 %), Определив параметры помещения (сухое, отсутствуют элементы взрывопожароопасности), выбираем вид источника света – газоразрядные лампы низкого давления (люминесцентные) и тип светильника – *ARS/R 418*. Каждый светильник состоит из двух ламп *TL-D 18W/54 G13* (дневной свет) *PHILIPS*. Световой поток, создаваемый одной такой лампой, составляет $\Phi_{\text{л}} = 1050$ лм, световая отдача – $C_0 = 58,33$ лм/Вт. По расположению рабочих мест выбираем систему общего равномерного освещения.

Светильник *ARS/R 418* – встраиваемый светильник для внутреннего освещения. Имеет стальной корпус белого цвета. Зеркальная экранирующая решётка, состоящая из трёх центральных V-образных и двух боковых алюминиевых анодированных профилей, позволяет осуществлять рациональное распределение света. Между собой профили соединены поперечными планками из ребристого алюминия, которые создают заданный защитный угол. Применяется в офисах, торговых залах, рабочих кабинетах, фойе.

Рабочее помещение имеет размеры 6×4 м. Высота свеса светильников h_3

составляет 0,25 м. Уровень рабочей поверхности над полом составляет $h_2 = 0,8$ м.

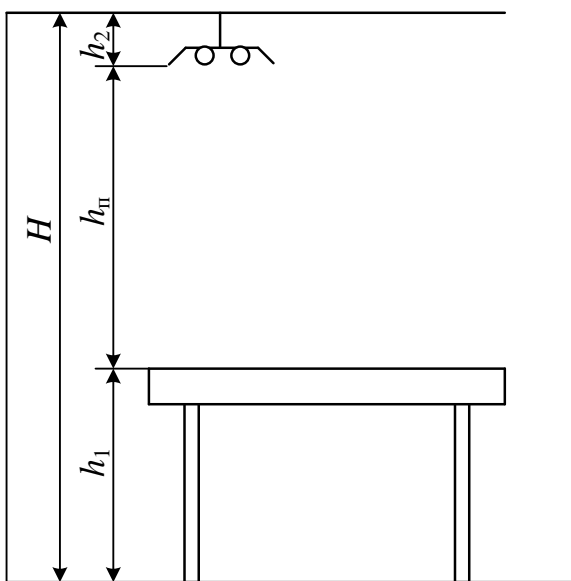


Рисунок 8 – Расчёт высоты подвеса светильника над рабочей поверхностью

Порядок расчёта.

1. Определяем высоту подвеса $h_{\text{п}}$ светильника над рабочей поверхностью.

$$h_{\text{п}} = H - h_1 - h_2 = 3 - 0,8 - 0,25 = 1,95 \text{ м.}$$

2. Определяем норму освещенности на рабочем месте.

Согласно СП 52.13330.2016 [3, табл. 4.1] норма освещенности определяется исходя из разряда зрительной работы – III, (наименьший размер объекта различения 0,3-0,5 мм) подразряд – г (фон светлый, контраст – большой). Освещённость рабочей поверхности E – не менее 200 лк.

3. Необходимое число светильников рассчитывается по формуле (2):

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k \cdot z}{N \cdot \eta}.$$

Преобразуем её в следующий вид:

$$N = \frac{E_{\text{н}} \cdot S \cdot k \cdot z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}, \quad (4)$$

где $E_{\text{н}} = 300$ лк – нормированная освещённость с учётом повышения уровня освещенности на 1 ступень. Величину $E_{\text{н}}$ определяют по таблице 4.1 СП 52.13330.2016;

$S = 6 \times 4 = 24 \text{ м}^2$ – площадь освещаемого помещения;

$z = 1,1$ – коэффициент минимальной освещённости для люминесцентных ламп (по СНиП СНиП 23-05-95);

$k = 1,4$ – коэффициент запаса, учитывает снижение освещенности в процессе эксплуатации (запылённость ламп). Значение коэффициента можно найти в таблице 3 СНиП 23-05-95;

$n = 2$ – число ламп в светильнике;

$\Phi_{\text{л}} = 1050$ лм – световой поток лампы (по паспортным данным лампы).

η – коэффициент использования светового потока (%). Отношение светового потока ламп к потоку, падающему на рабочую поверхность. Для определения коэффициента необходимо воспользоваться справочной литературой. Значения параметра приведены в таблицах фирмы *IEK* (таблица 1).

Коэффициент использования светового потока определен по таблице *IEK* исходя из индекса помещения, вычисляемого по формуле (3)

$$i = \frac{A \cdot B}{h_{\text{п}}(A + B)},$$

где A и B – линейные размеры помещения, $h_{\text{п}}$ – высота подвеса светильников. Коэффициент отражения от потолка, стен и пола 50, 50 и 10% соответственно. Светильник группы 1-3.

$$i = \frac{4 \cdot 6}{1,95 \cdot (4 + 6)} = \frac{24}{19,5} = 1,23.$$

Принимаем к близкому большему значению $i = 1,25$.

Коэффициент использования светового потока по таблице 1 *IEK* при коэффициентах отражения потолка, стен и пола соответственно – 50, 50 и 10 %, составляет 0,38 (38 %).

Таблица 1 – Определение коэффициента использования *IEK*

ρ	80	80	70	50	50	30	0
i	80	50	50	50	30	30	0
	30	30	20	10	10	10	0
0,4	0,46	0,30	0,29	0,28	0,23	0,23	0,19
0,6	0,46	0,30	0,29	0,28	0,23	0,23	0,19
0,8	0,46	0,30	0,29	0,28	0,23	0,23	0,19
1	0,53	0,36	0,34	0,33	0,28	0,28	0,24
1,25	0,58	0,42	0,39	0,38	0,33	0,33	0,28
1,5	0,61	0,48	0,44	0,42	0,38	0,37	0,33
2	0,64	0,51	0,48	0,44	0,41	0,40	0,36
2,5	0,69	0,58	0,54	0,49	0,47	0,46	0,42
3	0,71	0,61	0,56	0,52	0,49	0,48	0,44
4	0,73	0,64	0,58	0,54	0,51	0,51	0,47
5	0,75	0,68	0,61	0,56	0,54	0,53	0,50

4. Отсюда получают требуемое количество светильников:

$$N = \frac{E_n \cdot S \cdot k \cdot z}{n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 24 \cdot 1,4 \cdot 1,1}{2 \cdot 1050 \cdot 0,38} = \frac{11088}{798} = 13,895$$

Таким образом, для искусственного освещения в рабочем помещении с размерами 6×4 м достаточной является система из 14 светильников ARS/R 418.

Поскольку требуется равномерного освещения поверхности определяем возможность применения системы из 15 светильников (пять светильников в ряду, 3 ряда светильников).

Подсчитаем отклонение от нормируемого значения освещенности:

$$E_{\text{ф}} = \frac{N \cdot n \cdot \Phi_{\text{л}} \cdot \eta}{S \cdot k \cdot z} = \frac{15 \cdot 2 \cdot 1050 \cdot 0,38}{24 \cdot 1,4 \cdot 1,1} = \frac{11970}{36,96} = 323,86 \text{ лк.}$$

Допустимая погрешность для $E_{\text{ф}}$ составляет +20% (при отклонении в большую сторону), значит расчёт выполнен верно.

5. Электрическая мощность всей осветительной системы:

$$P = N \times n \times P_{\text{л}} = 15 \times 2 \times 18 = 540 \text{ Вт или } 0,54 \text{ кВт.}$$

Для равномерного освещения офиса площадью 24 кв.м. рассчитана система общего искусственного освещения, состоящая из 15 светильников типа ARS/R 418, размещенных в 3 ряда по 5 светильников в ряду.

3 Методические указания к выполнению и оформлению работы

3.1 Выбор варианта контрольно-курсовой работы

Тематика работы посвящена разработке типовой системы основного производственного и аварийного эвакуационного электроосвещения цеха (или участка крупного цеха) промышленного предприятия, где установлены определённые группы единиц промышленного оборудования, являющихся потребителями электроэнергии.

Перечень тем контрольно-курсовой работы представлен в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Перечень тем контрольно-курсовой работы

№ п.п.	Наименование темы	Исходные данные
1	Система освещения механического цеха машиностроительного завода	Приложение А
2	Система освещения ремонтно-механического цеха машиностроительного завода	Приложение Б
3	Система освещения кузнечно-прессового цеха машиностроительного завода	Приложение В
4	Система освещения механического цех тяжёлого машиностроения	Приложение Г
5	Система освещения механического цеха серийного производства	Приложение Д
6	Система освещения кузнечно-штампового цеха	Приложение Е
7	Система освещения арматурного цеха завода железобетонных конструкций	Приложение Ж
8	Система освещения цеха холодной штамповки	Приложение З
9	Система освещения цеха металлорежущих станков	Приложение И
10 (0)	Система освещения цеха механической и термической обработки металла	Приложение К

Тема и вариант задания выбирается студентом в соответствии с тремя последними цифрами *XYZ* своей зачётной книжки, где *Z* – порядковый номер и наименование темы (таблица 3.1), где число «10» соответствует цифре «0» зачётной книжке; *X* – план цеха с расположением производственных участков и электрооборудования (приложения А-К).

Например, для номера зачётной книжки – 000451. Выбор варианта

производится следующим образом:

$Z = 1$, выбирается тема п.1 – «Система электроснабжения механического цеха машиностроительного завода»;

3.2 Исходные данные и порядок оформления контрольно-курсовой работы

Исходными данными для контрольно-курсовой работы являются план расположения цеха и требования к освещённости рабочих участков и помещений, установленные нормативными документами. Схемы планировки цехов и представлены в приложениях А-К. Характеристики параметров освещённости выбираются и обосновываются студентом самостоятельно исходя из характера работ на участках и в помещениях цеха.

Титульный лист оформляется студентом в установленной форме (приложение Л) в соответствии со своим вариантом.

Оформление контрольных работ осуществляется на листах формата А4. Все чертежи и схемы выполняются с применением чертёжных инструментов в соответствии с действующими ГОСТами. Сокращения и исправления в текстах не допускаются. Расчёты производятся с точностью до третьей значащей цифры.

Структура контрольно-курсовой работы.

Работа должна выполняться в соответствии с ГОСТ 2.105 и содержать:

- титульный лист;
- оглавление;
- перечень условных обозначений, терминов и сокращений;
- основная часть;
- список использованных источников;
- приложения (схемы электросетей).

Титульный лист является первым листом документа и содержит: полное наименование учебного заведения, наименование структурного подразделения вуза (институт, факультет, кафедра), наименование работы, имя, фамилия и отчество студента, номер учебной группы, номера личного и группового вариантов, дата выполнения контрольной работы. Титульный лист не нумеруется. Пример оформления титульного листа представлен в приложении Л.

Оглавление содержит перечень разделов и подразделов с указанием номеров страниц их размещения.

В основной части последовательно излагается ход проведённых расчётов. Материал разбивается на разделы, а при необходимости на подразделы,

снабжается иллюстрациями, таблицами, ссылками. Формулы приведенных расчётов должны иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами, которые записываются справа от формулы в круглых скобках. Причём сама формула записывается по центру строки, а её порядковый номер у правого края строки.

В работе следует применять стандартизованные единицы физических величин, их наименования и обозначения в соответствии с ГОСТ 8.417.

Количество иллюстраций должно быть достаточным для пояснения излагаемого текста. Иллюстрации должны быть выполнены в соответствии со стандартами ЕСКД и иметь сквозную нумерацию арабскими цифрами.

Приложение А
Схема размещения участков механического цеха

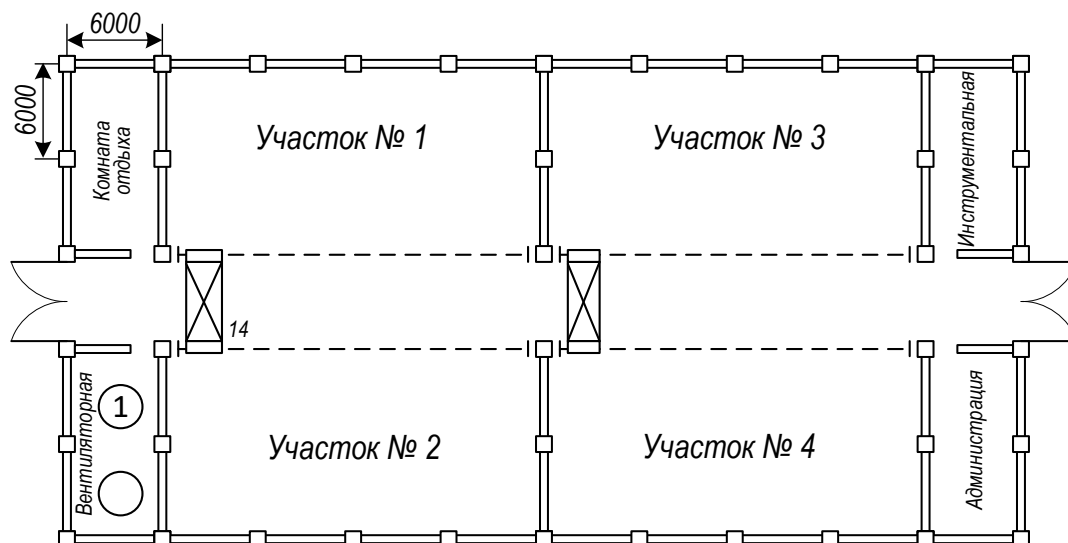


Рисунок. А.1 – Схема механического цеха для вариантов $X = 0, 2, 4, 6, 8$ из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

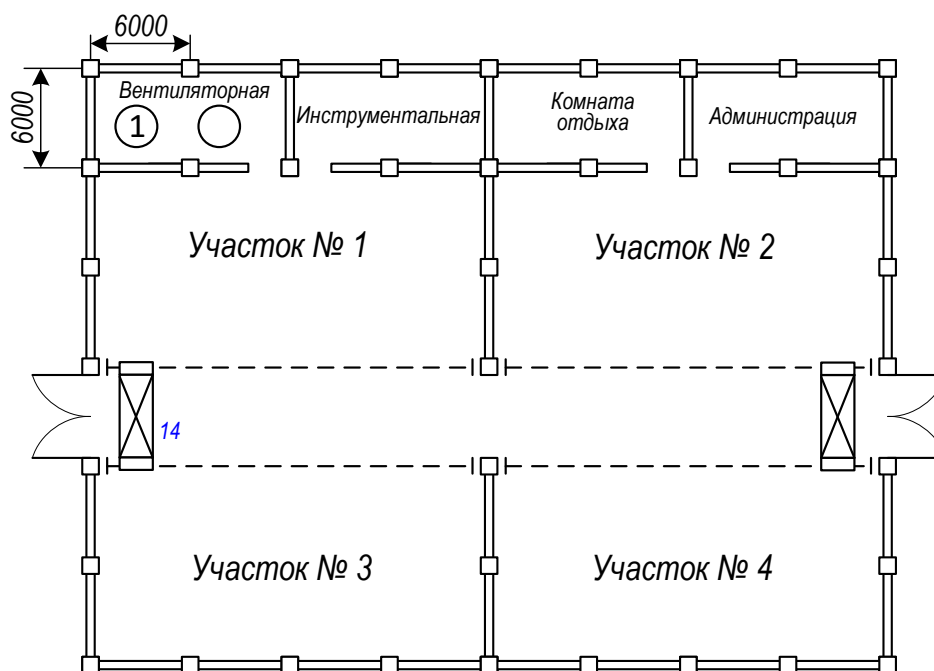


Рисунок. А.2 – Схема механического цеха для вариантов $X = 1, 3, 5, 7, 9$ из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение Б
Схема размещения участков ремонтно-механического цеха

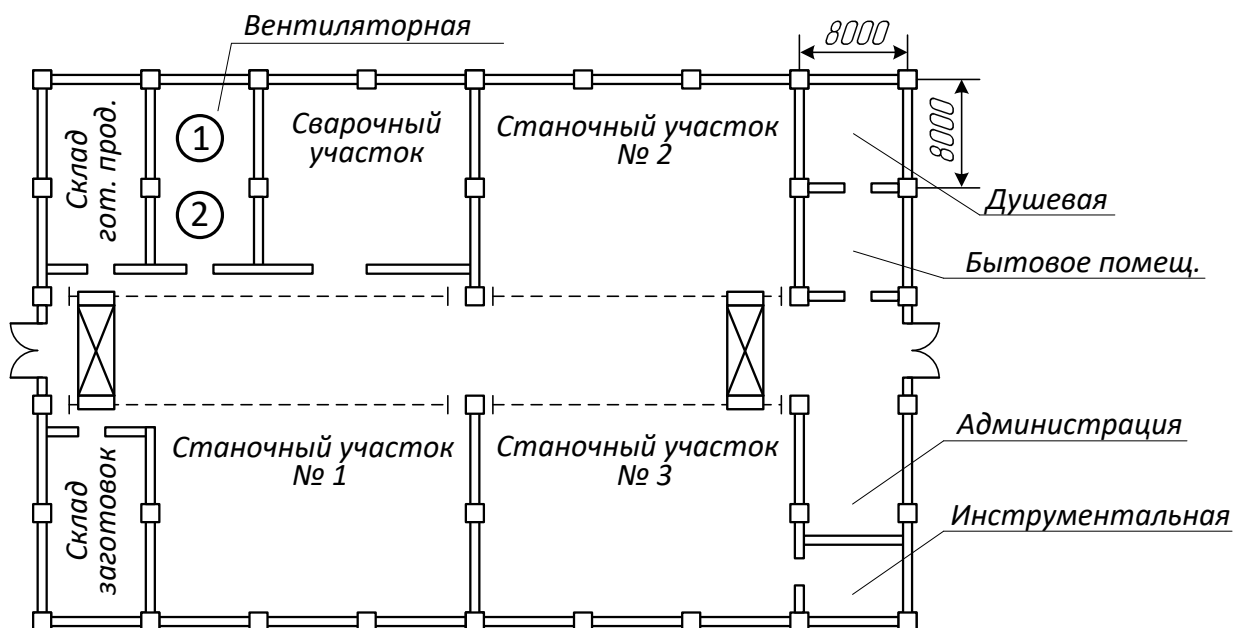


Рисунок Б.1 – Схема ремонтно-механического цеха для вариантов $X = 0, 2, 4, 6, 8$ из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

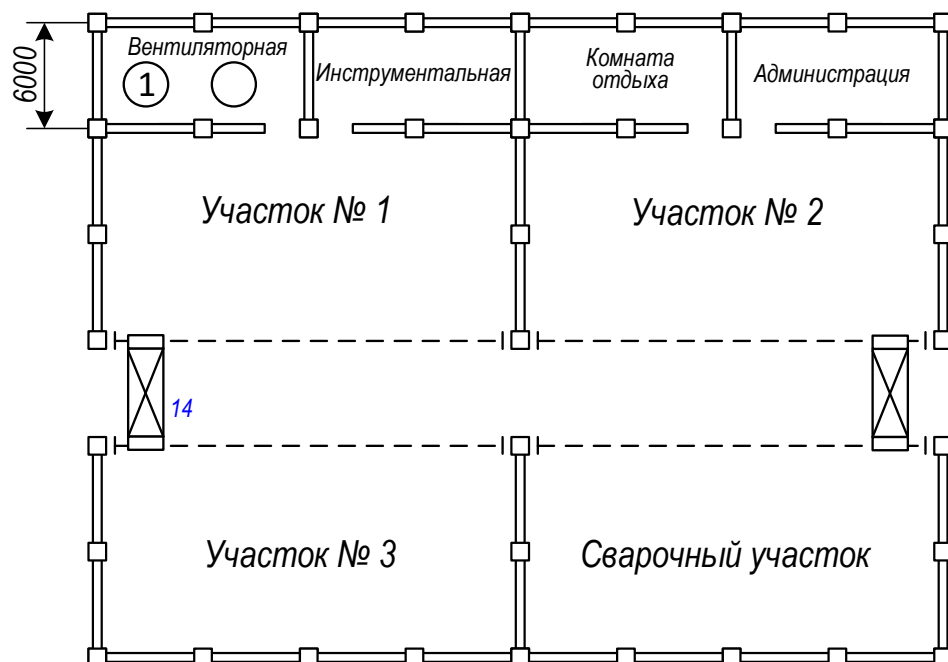


Рисунок Б.2 – Схема ремонтно-механического цеха для вариантов $X = 1, 3, 5, 7, 9$ из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение В
Схема размещения участков кузнечно-прессового цеха

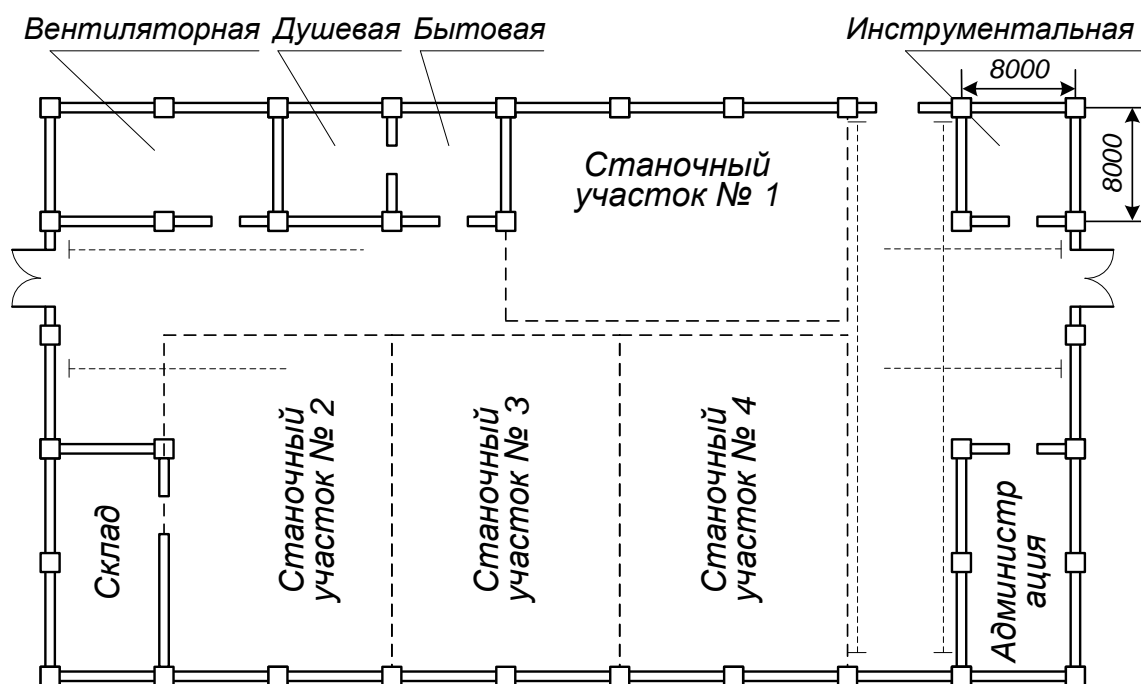


Рисунок. В.1 – Схема кузнечно-прессового цеха для вариантов:
X = 1, 3, 5, 7, 9 из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

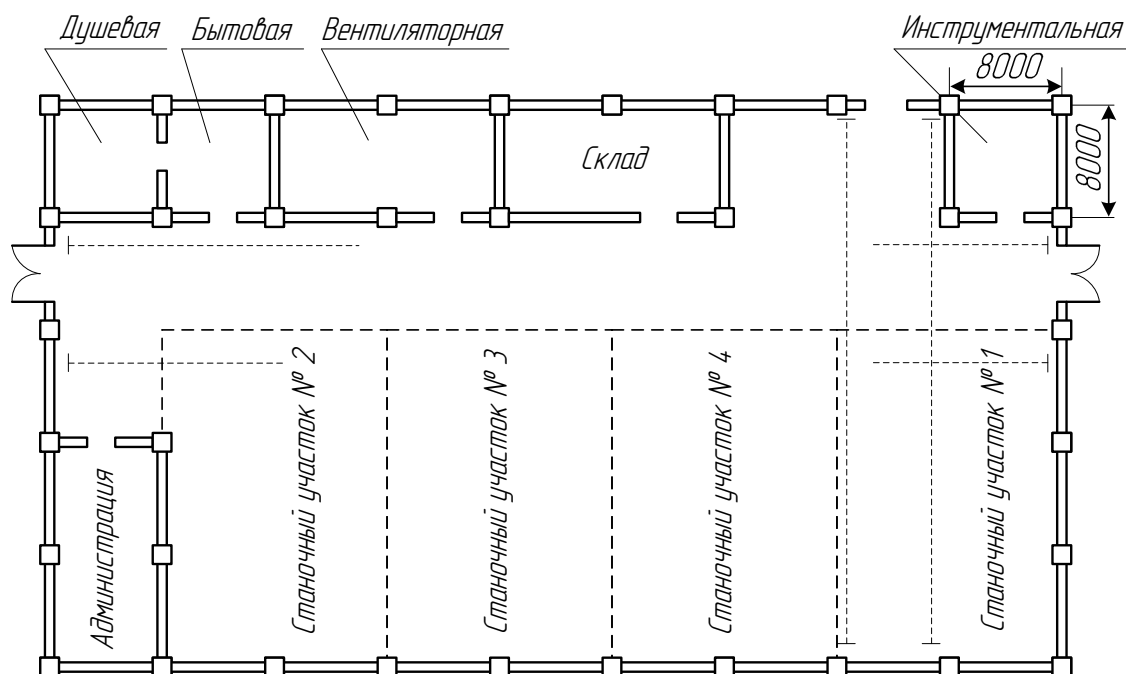


Рисунок. В.2 – Схема кузнечно-прессового цеха для вариантов:
X = 0, 2, 4, 6, 8, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение Г

Схема размещения участков механического цеха тяжёлого машиностроения

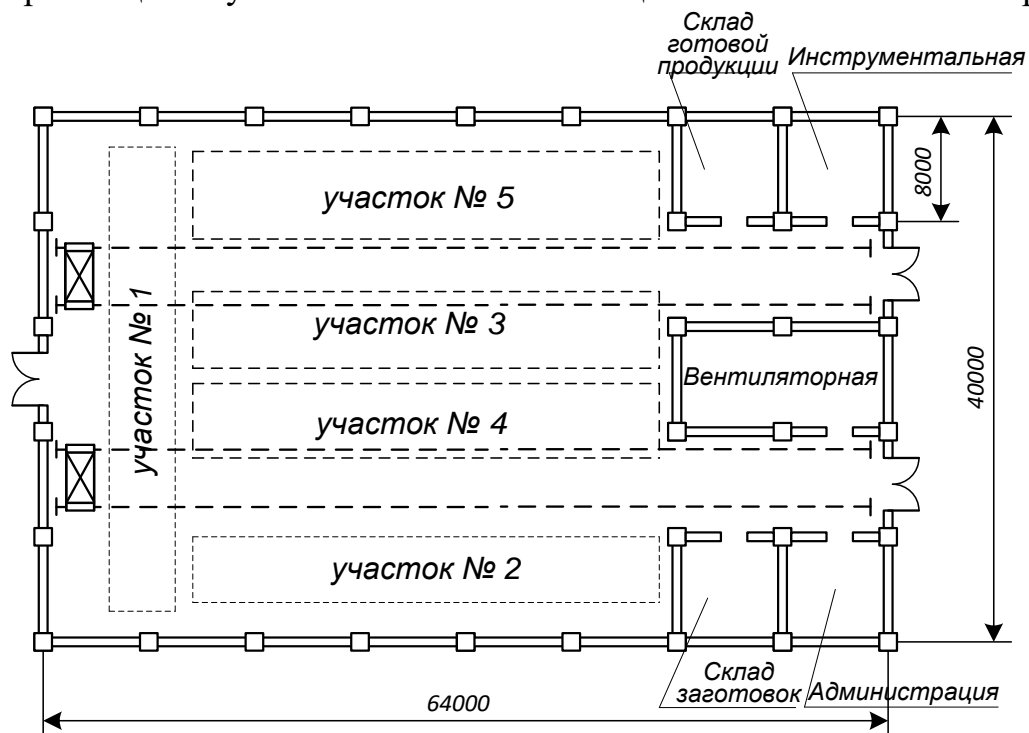


Рисунок Г.1 – Схема механического цеха тяжёлого машиностроения для вариантов: $X = 1, 3, 5, 7, 9$, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

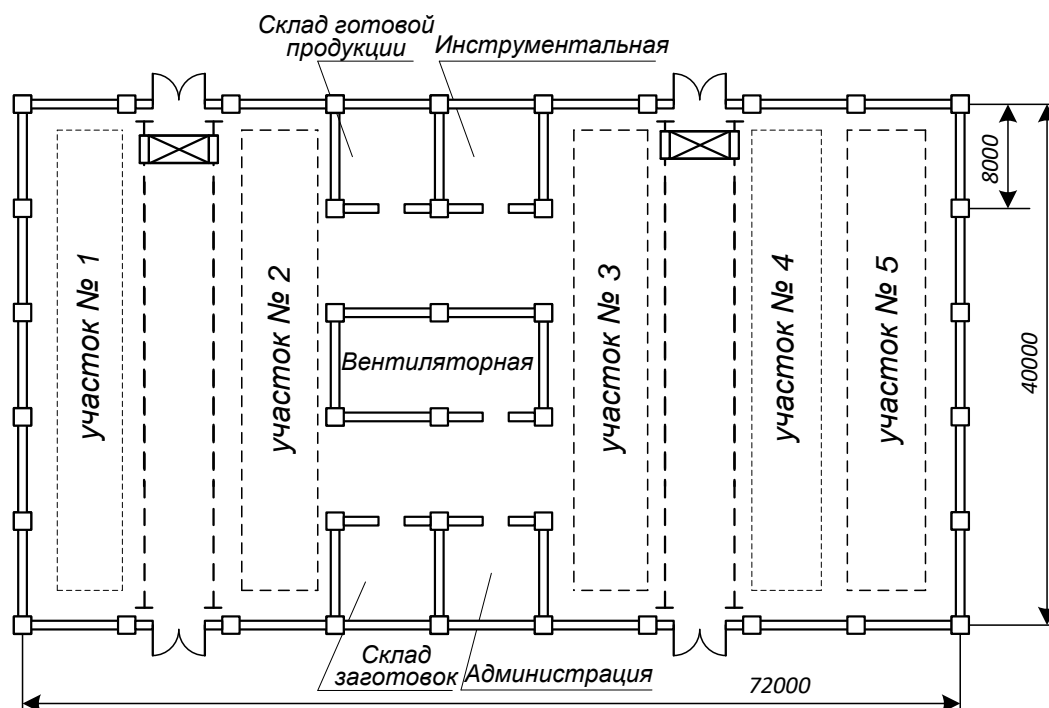


Рисунок Г.2 – Схема механического цеха тяжёлого машиностроения для вариантов: $X = 0, 2, 4, 6, 8$, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение Д

Схема размещения участков механического цеха серийного производства

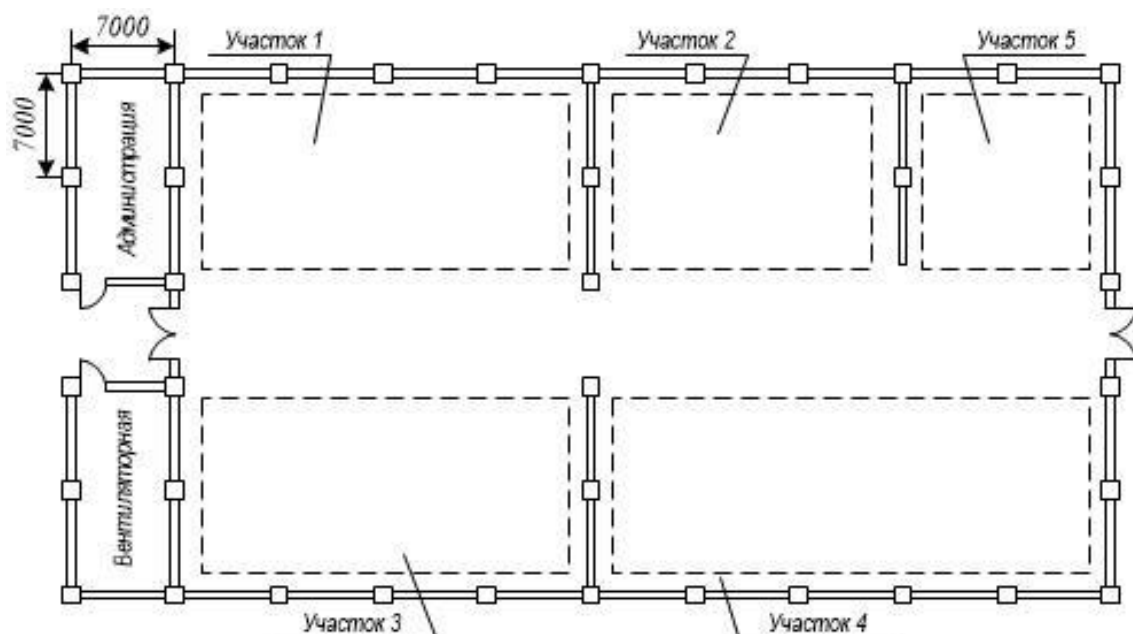


Рисунок Д.1 – Схема механического цеха серийного производства для вариантов: $X = 1, 3, 5, 7, 9$, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

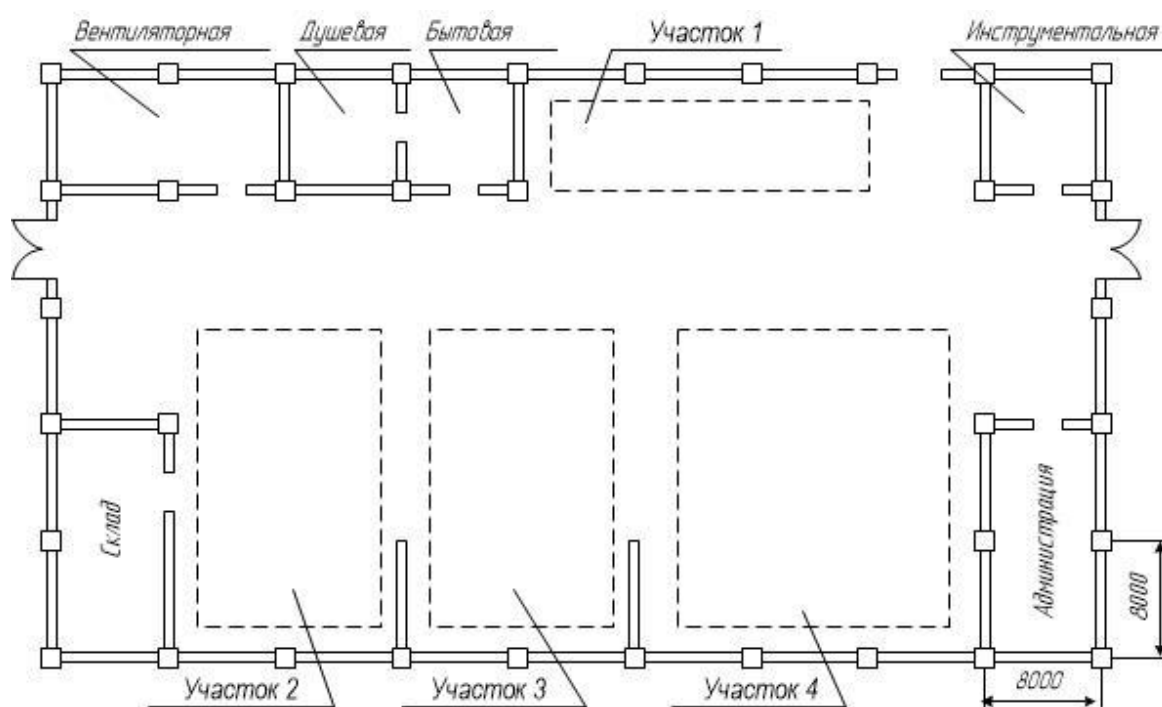


Рисунок Д.2 – Схема механического цеха серийного производства для вариантов: $X = 0, 2, 4, 6, 8$, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение Е Схема размещения участков кузнечно-штампового цеха

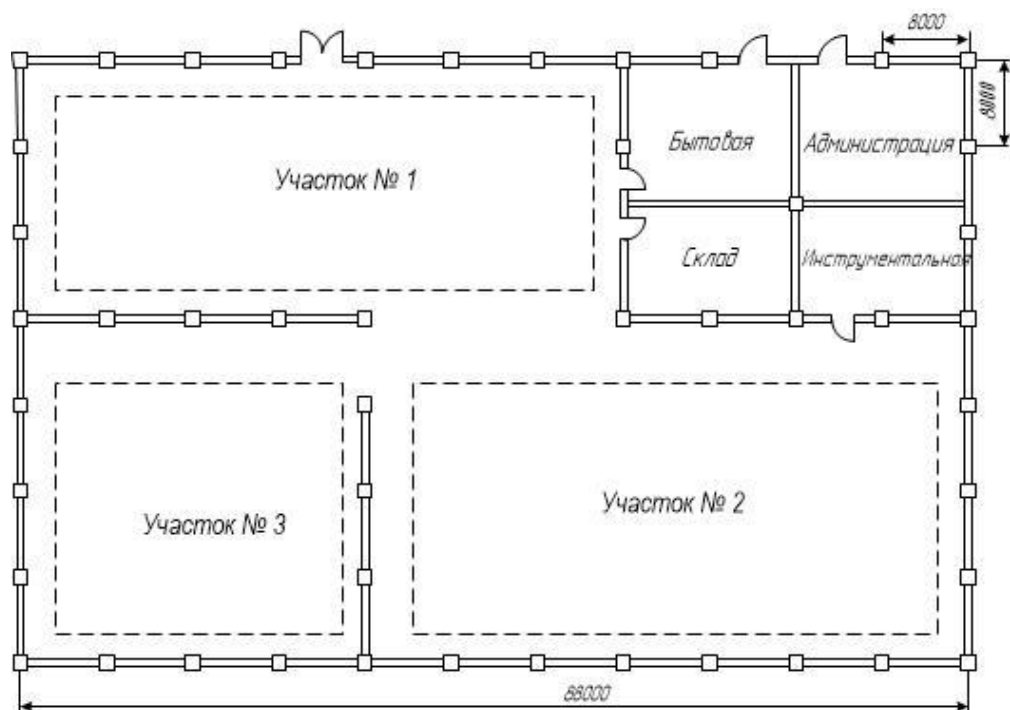


Рисунок Е.1 – Схема участков кузнечно-штампового цеха для вариантов: X = 1, 3, 5, 7, 9, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

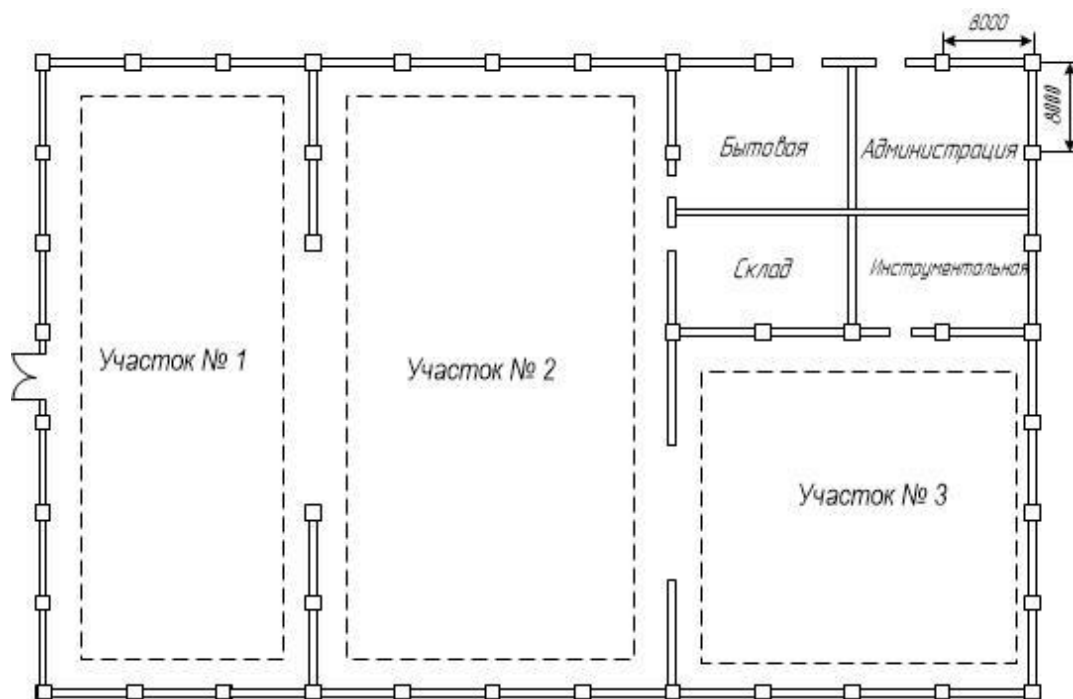


Рисунок Е.2 – Схема участков кузнечно-штампового цеха для вариантов: X = 0, 2, 4, 6, 8, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение Ж Схема размещения участков арматурного цеха завода железобетонных конструкций

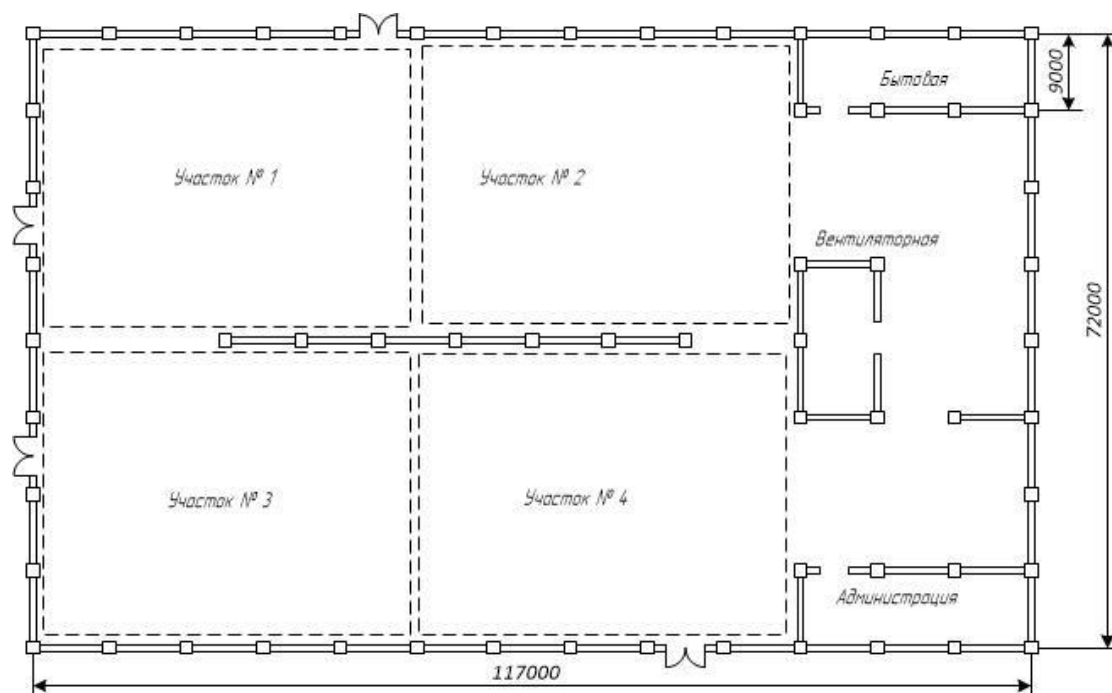


Рисунок Ж.1 – Схема участков арматурного цеха для вариантов: X = 1, 3, 5, 7, 9, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

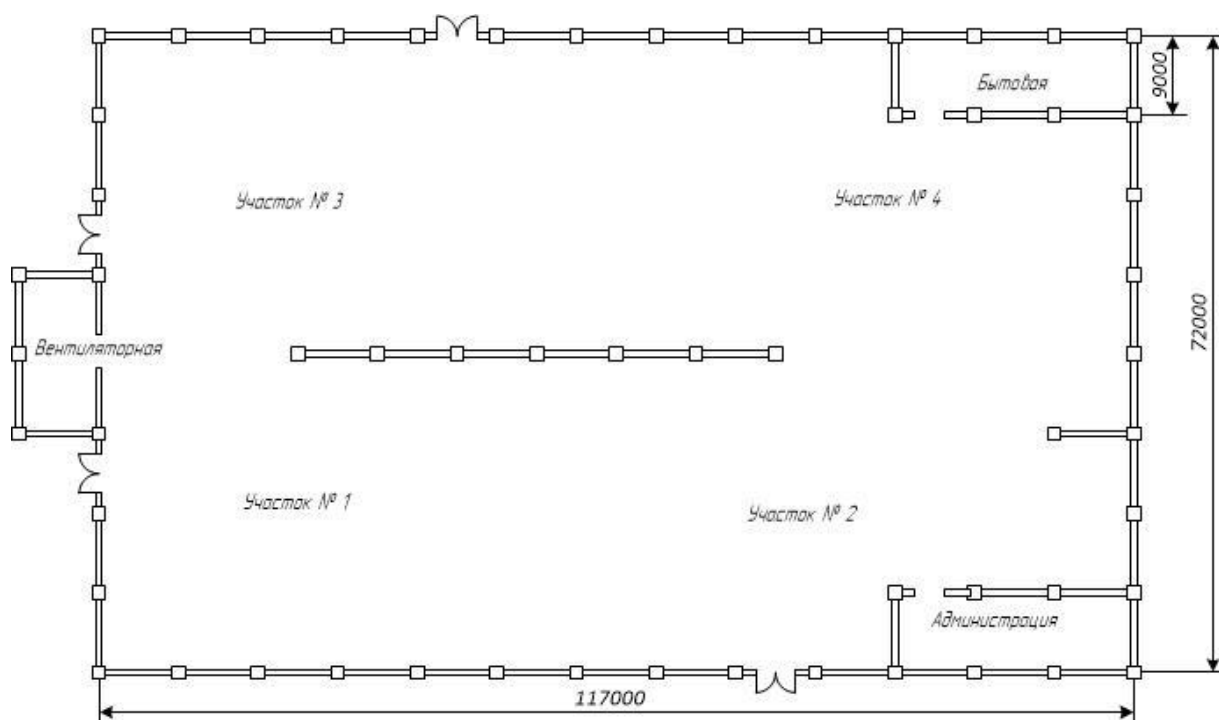


Рисунок Ж.2 – Схема участков арматурного цеха для вариантов: X = 0, 2, 4, 6, 8, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение 3

Схема размещения участков цеха холодной штамповки

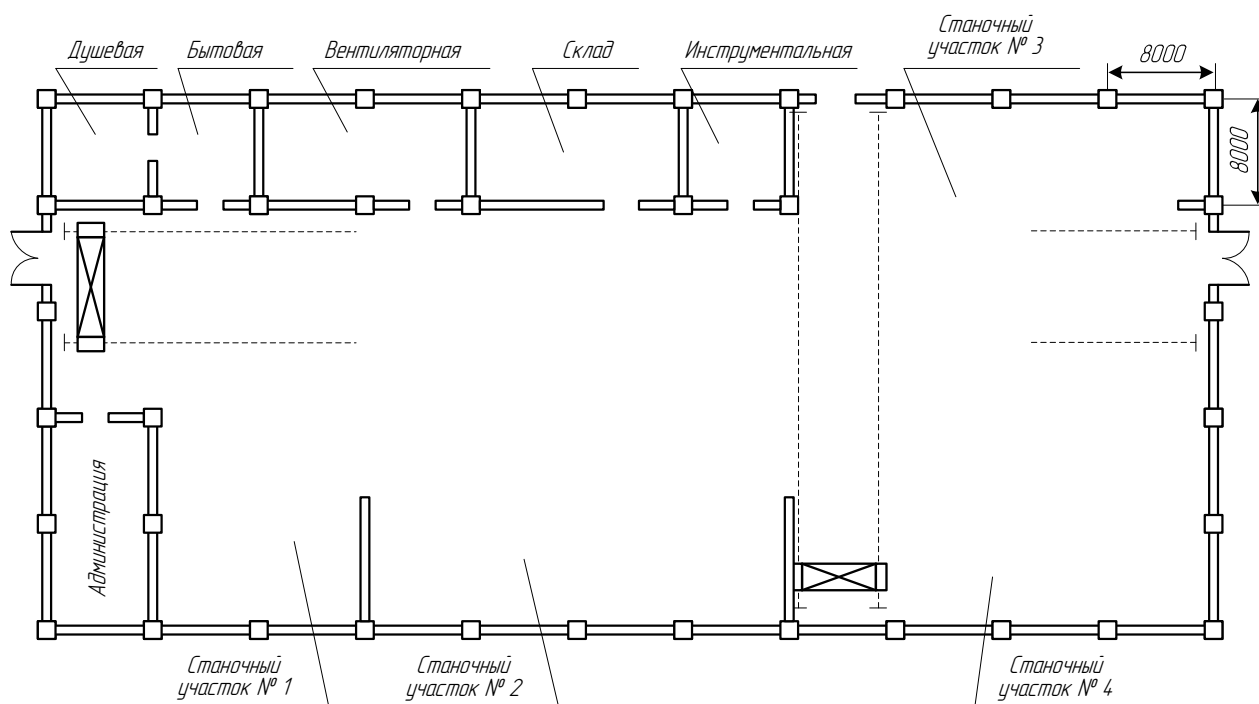


Рисунок 3.1 – Схема участков цеха холодной штамповки для вариантов: X = 1, 3, 5, 7, 9, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

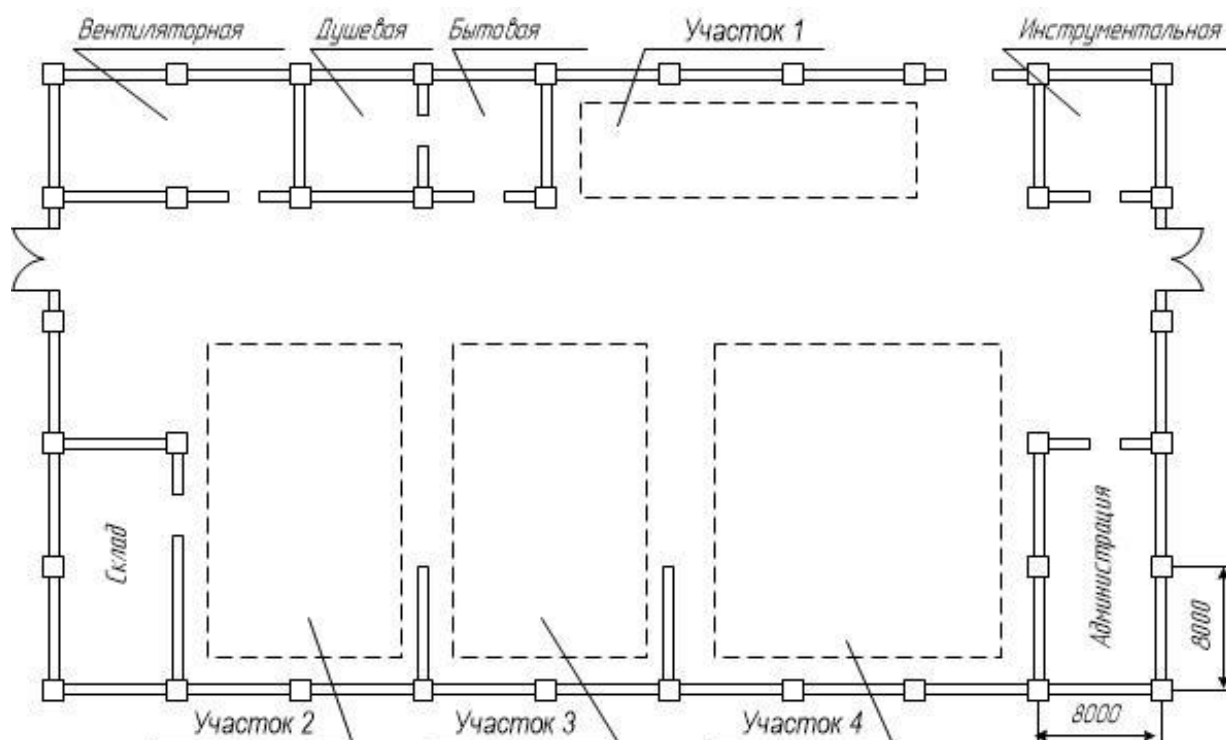


Рисунок 3.2 – Схема участков цеха холодной штамповки для вариантов: X = 0, 2, 4, 6, 8, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Приложение II

Схема размещения участков цеха металлорежущих станков

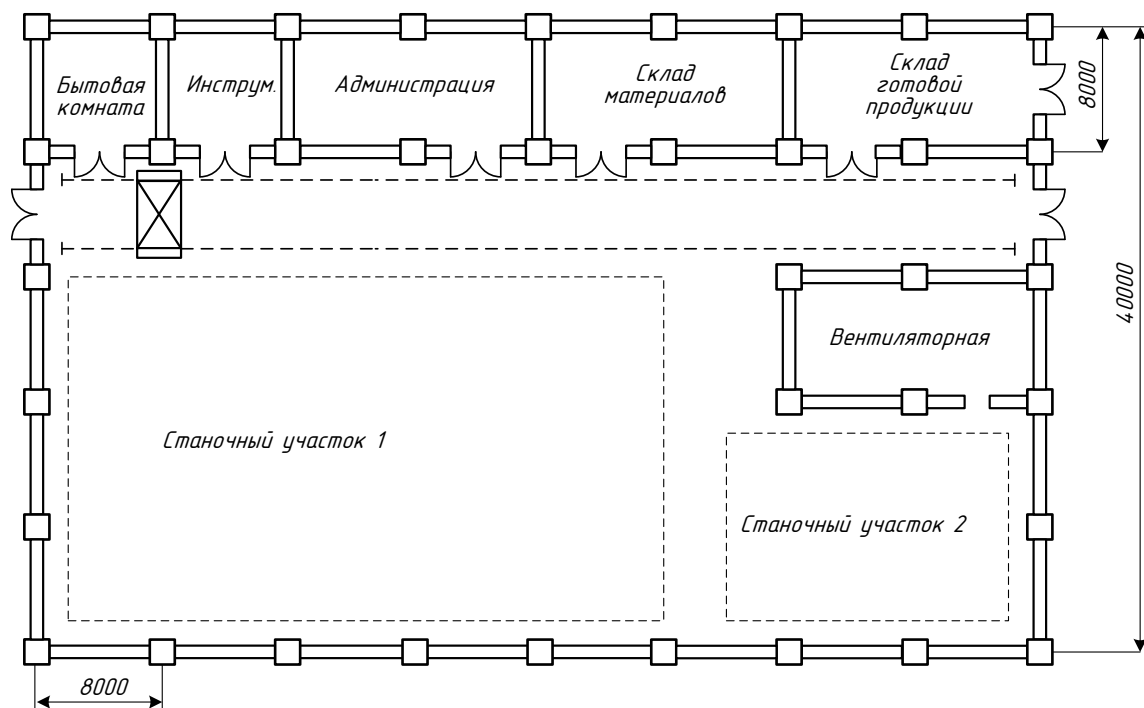


Рисунок И.1 – Схема участков цеха металлорежущих станков для вариантов: X = 1, 3, 5, 7, 9, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

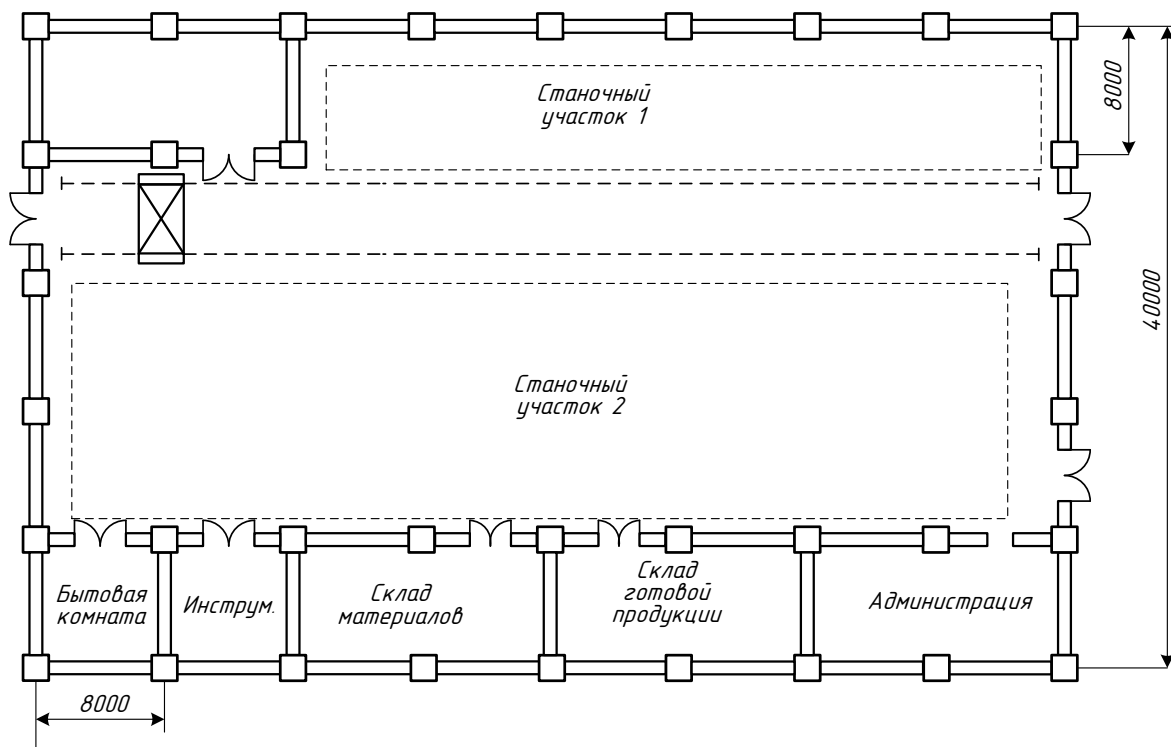
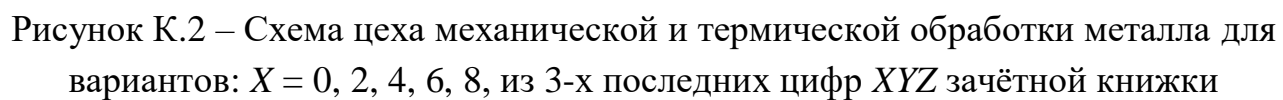
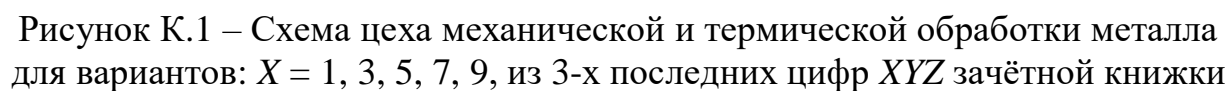


Рисунок И.2 – Схема участков цеха металлорежущих станков для вариантов: X = 0, 2, 4, 6, 8, из 3-х последних цифр XYZ зачётной книжки

Схема размещения участков цеха механической и термической обработки металла



Приложение Л
Форма заполнения титульного листа

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Тульский государственный университет»

Институт высокоточных систем им. В.П. Грязева

Кафедра «Электротехника и электрооборудование»

КОНТРОЛЬНО-КУРСОВАЯ РАБОТА

по дисциплине

Потребители электрической энергии

Личный вариант № _____

Выполнил: студент(ка) _____
(подпись, фамилия, инициалы)

Учебная группа № _____ Дата выполнения _____

Проверил: _____ Оценка _____

Дата _____

Тула 2022

Список использованной литературы

1. Трунова И.Г., Елькин А.Б. Производственное освещение: учебное пособие по выполнению дипломных, курсовых и практических работ для студентов / И.Г. Трунова, А.Б. Елькин; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2013. – 87 с.
2. СНиП 23-05-2010 Естественное и искусственное освещение / Редакция СНиП 23-05-95. Утв. приказом Минрегиона России от 2011 г. № . – М., 2011. – 72 с.
3. СП 52.13330.2016 Свод правил. Естественное и искусственное освещение / Актуализированная редакция СНиП 23-05-95. – М.: Стандартинформ, 2018. – 116 с.