

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Кузбасский государственный технический университет  
имени Т. Ф. Горбачева»

Институт химических и нефтегазовых технологий  
Кафедра энергоресурсосберегающих процессов  
в химической и нефтегазовой технологиях

Эдуард Муратович Махамбетов

**ПМ.01 ПРОВЕДЕНИЕ МОНТАЖА, ИСПЫТАНИЯ  
ПРОМЫШЛЕННОГО (ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО)  
ОБОРУДОВАНИЯ, ВЫПОЛНЕНИЕ  
ПУСКОНАЛАДОЧНЫХ РАБОТ И СДАЧА ЕГО  
В ЭКСПЛУАТАЦИЮ**

Методические материалы к практическим занятиям  
и самостоятельной работе

Рекомендовано цикловой методической комиссией  
специальности 15.02.17 Монтаж, техническое обслужива-  
ние, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования  
(по отраслям) в качестве электронного издания  
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2024

Рецензенты: Андрюшков А.А. – кандидат техн. наук, и. о. зав. кафедрой ЭПХиНТ ФГБОУ ВО «Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева».

**Махамбетов, Э.М. ПМ.01 Проведение монтажа, испытания промышленного (технологического) оборудования, выполнение пусконаладочных работ и сдача его в эксплуатацию: методические материалы к практическим занятиям и самостоятельной работе для обучающихся специальности 15.02.17 Монтаж, техническое обслуживание, эксплуатация и ремонт промышленного оборудования (по отраслям) очной формы обучения / сост. Э.М. Махамбетов; Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева. – Кемерово, 2024. – Текст: электронный.**

Приведено содержание практических работ, порядок их оформления, а также материал, необходимый для успешного изучения дисциплины. Назначение издания – помощь обучающимся в получении знаний по дисциплинам «Организация и осуществление монтажных работ промышленного (технологического) оборудования», «Осуществление пусконаладочных работ промышленного (технологического) оборудования» и организация практических и самостоятельных работ.

© Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева, 2024  
© Махамбетов Э.М.,  
составление, 2024

## ОГЛАВЛЕНИЕ

1 Практические занятия и самостоятельная работа для МДК.01.01 Организация и осуществление монтажных работ промышленного (технологического) оборудования .....	4
Практическая работа №1 «Подготовка рабочего места и инструмента исходя из видов предполагаемых работ» .....	4
Практическое занятие №2 «Оформление технической документации на монтажные работы» .....	9
Практическое занятие №3 «Расчет и конструирование фундамента мелкого заложения (ФМЗ)» .....	13
Практическое занятие №4 «Оформление фрагмента технологической документации технологического процесса монтажа по образцу» .....	25
Практическое занятие №5 «Организация работ по испытанию промышленного оборудования после монтажа» .....	30
Практическое занятие №6 «Расчет и выбор канатов для одноканатных подъемных установок» .....	31
2 Практические занятия и самостоятельная работа для МДК.01.02 Организация и осуществление пусконаладочных работ промышленного (технологического) оборудования .....	37
Практическая работа №1 «Составление пакета документации на испытания оборудования» .....	37
Практическая работа №2 «Организация пусконаладочных работ промышленного оборудования после монтажа» .....	39
Практическая работа №3 «Составление пакета документации на пуско-наладку оборудования» .....	40
Практическая работа №4 «Расчет траверс» .....	42

Практическая работа №5 «Выбор и проверка двухколодного тормоза для механизма подъёма» .....	46
Практическая работа № 6 «Привод механизма передвижения тележки мостового крана».....	50
Список литературы.....	55
Приложение А.....	54
Приложение Б .....	55
Приложение В .....	56
Приложение Г .....	57
Приложение Д.....	58
Приложение Е .....	59

# **1 Практические занятия и самостоятельная работа для МДК.01.01 Организация и осуществление монтажных работ промышленного (технологического) оборудования**

## **Практическая работа №1 «Подготовка рабочего места и инструмента исходя из видов предполагаемых работ»**

**Задание:** изучить основные теоретические положения и кратко их изложить по предложенной форме. Изучить классификацию инструментов и приспособлений, для контроля оборудования при выполнении ремонтных работ; применение инструментов и приспособлений при выполнении работ.

### **Рекомендуемое содержание отчета**

Наименование и цель работы.

Оборудование и материалы, используемые в работе.

Основные положения по теоретическому материалу (кратко).

Описание экспериментальной части работы и полученные результаты с анализом, выводами.

Обоснованное решение указанной преподавателем задачи.

### **Теоретические положения**

Рабочее место – часть производственной площади цеха, участка или мастерской, которая закрепляется за определенным работником для выполнения определенного вида работ и должна быть оснащена оборудованием, приспособлениями, инструментами и материалами, необходимыми для их проведения.

При работе в слесарной мастерской необходима правильная организация рабочего места, которая улучшает условия труда и снижает опасность травматизма.

К организации рабочего места слесаря предъявляется ряд требований:

Одноместный слесарный верстак – основным оборудованием рабочего места слесаря является как правило, односторонний слесарный верстак с установленными на нем тисками.

Слесарный верстак должен быть прочным и устойчивым, верстак состоит из стального каркаса, выполненного из труб или профильного проката (уголка). На каркасе установлена столешница, изготовленная из дерева твердых пород и покрыта листовой сталью толщиной 1...2 мм. По периметру столешница окантована бортиком из стального уголка.

Под столешницей расположены выдвижные ящики для хранения инструментов, мелких деталей и технической документации.

Для обеспечения удобства работы на верстаке располагаются планшеты для режущих инструментов (чертилки, кернеры, зубила, напильники и т. д.) и инструментальная полка для измерительных инструментов.

Высота верстака должна соответствовать росту работающего. Если высота тисков не соответствует росту работающего, их регулируют винтом подъёма или на полу укладывают деревянную решетку, которая должна плотно прилегать к полу и не скользить. Для защиты работников от возможного травматизма при выполнении операций, связанных с образованием стружки, на верстаке устанавливается сменный защитный экран из сетки или органического стекла. При размещении инструментов на верстаке необходимо учитывать частоту их использования в процессе обработки и располагать инструменты таким образом, чтобы обеспечить удобный доступ к ним.

Стуловые тиски имеют весьма ограниченную область применения. Они предназначены для выполнения тяжелых работ, связанных с большими ударными нагрузками, например, рубка, гибка, клепка.

Параллельные поворотные слесарные тиски наиболее распространенный тип тисков, применяемых при слесарной обработке.

Параллельными тиски называются потому, что при перемещении подвижной губки она во всех положениях остается параллельной неподвижной губке.

Параллельные тиски поворотного типа должны прочно и надежно крепиться к верстаку. Зажимать деталь в тисках надо только усилием рук, а не весом тела. Зажимая или освобождая

детали из тисков, рычаг следует опускать плавно, не бросая его, чтобы не произошел ушиб руки или ноги. Содержать тиски надо в частоте и исправности.

Подставку под ноги следует применять, когда высота тисков не соответствует росту учащегося. Высота верстака с тисками считается нормальной, если у стоящего прямо учащегося согнута в локтевом суставе под углом  $90^\circ$ , рука находится на уровне губок тисков при вертикальном положении её плечевой части.

Во время работы спецодежда работающего должна быть аккуратной и чистой.

Халат или комбинезон не должны стеснять движений. Во время работы спецодежда всегда должна быть застегнута на все пуговицы, а рукава должны иметь застегивающиеся обшлага, плотно охватывающие нижнюю локтевую часть руки. На голову обязательно должен быть надет головной убор (берет или косынка), под который необходимо тщательно убрать волосы.

### **Организация рабочего места слесаря.**

Эффективность сборочного процесса во многом зависит от правильной организации рабочего места сборщика.

В понятие организации рабочего места включается ряд факторов, и, прежде всего:

- его планировка,
- правильная расстановка и удобная конструкция верстаков,
- зональное размещение на рабочем месте инструментов и приспособлений,
- освещенность,
- режим труда и др.

Планировка рабочего места должна обеспечить Высокую производительность работы при минимальных затратах сил и времени сборщика; максимальное использование производственной площади; удобство обслуживания сборочного процесса; соответствие правилам и Требованиям охраны труда и техники безопасности.

Рабочее место слесаря-сборщика должно быть оснащено всем необходимым оборудованием, инструментом) приспособле-

ниями, подъемно-транспортными устройствами. В единичном производстве рабочее место слесаря-сборщика оснащается в основном, универсальным оборудованием и инструментом. В серийном – рабочее место оборудуется с учетом выполнения нескольких конкретных сборочных операций. В массовом производстве на рабочем месте выполняются одна или две сборочные операции, и оно оснащается соответственно специализированным оборудованием, оснасткой и инструментом.

Кроме основного технологического оборудования, приспособлений и инструмента на рабочем месте слесаря-сборщика имеется оргоснастка, обычно располагаемая на верстаке. Это – тумбочки, этажерки, стеллажи, планшеты для технологической документации.

При планировании рабочего места все предметы труда и инструменты необходимо располагать с учетом предела досягаемости вытянутых рук и наиболее удобных зон движений, наименее утомительных положений рук, корпуса, головы и ног, пределов обзора в пространстве и т. д.

Для обеспечения высокой производительности труда и ритмичности сборки важное значение имеет обслуживание рабочих мест слесарей-сборщиков – бесперебойная подача на рабочее место сборочных единиц, обеспечение технической документацией, организация ухода за оборудованием, а также технический надзор за его эксплуатацией. В единичном и мелкосерийном производстве обслуживание рабочих мест производится слесарями-сборщиками, а в серийном и массовом – вспомогательными рабочими. В условиях массового производства обслуживание осуществляется по специальному графику, в серийном – согласовывается с запуском партии сборок, а в единичном и мелко – серийном – обеспечивает бесперебойность сборочных работ в течение более коротких отрезков времени.

Материально-техническое снабжение рабочих мест в сборочном производстве выполняется комплектовщиками. Инструментальную подготовку выполняют работники инструментальных групп цехов, мастера, бригадиры. Они получают на центральных складах и обеспечивают рабочие места режущими и измерительными инструментами, комплектуют рабочие места



технологической оснасткой и приспособлениями. Наладочные работы на рабочих местах в условиях автоматизированных и механизированных производств осуществляют наладчики. В комплекс наладочных работ входят осмотр оборудования, подготовка инструмента и приспособлений к наладке, наладка оборудования, подналадка инструментов, апробация инструмента и оборудования после наладки.

К рабочему инструменту слесаря относят те инструменты, которыми непосредственно выполняют нужные операции при изготовлении деталей или их ремонте, сборке различных узлов и машин. На рисунке 1 показан примерный набор универсального слесарного инструмента слесаря, работающего вне мастерских. В мастерских, в ящиках слесарного стола, должен быть более разнообразный и специализированный инструмент для выполнения различных производственных заданий. Например: отвёртки, напильники, ключи гаечные, зубило и прочее, не по одному, а по 2–4 и более разного размера, конфигурации и назначени

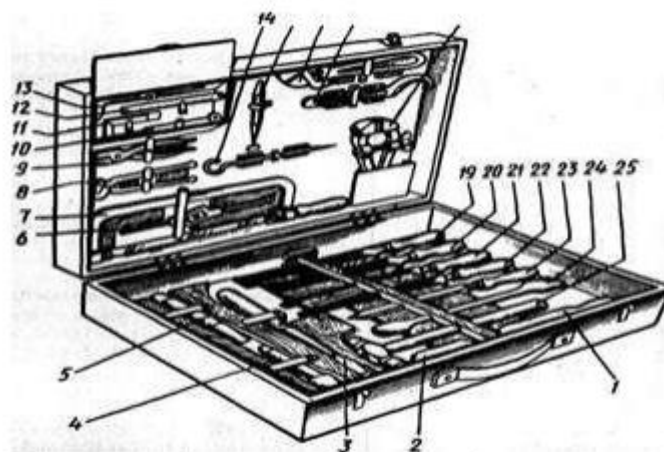


Рисунок 1 – ящик с набором слесарных инструментов: 1 – щетка, 2 – скребок для очистки напильников, 3 – отвертка, 4 – крейцмейсель, 5 – зубило, 6 – клупп, 7 – ножонка, 8 – клещи, 9 – плоскогубцы, 10 – разметочный циркуль, 11 – угольник 90°, 12 – линейка, 13 – штангенциркуль, 14 – чертилка, 15 – кернер, 16 – раздвижной ключ, 17 – накидной ключ для круглых гаек, 18 – ручные тиски, 19 – плоский драчевый напильник, 20, 22 – плоский и круглый личные напильники, 21 – трехгранный напильник, 23, 24 – шаберы, 25 – молото

## **Практическое занятие №2**

### **«Оформление технической документации на монтажные работы»**

**Задание:** углубить знания по основным видам оперативно-технической документации, ее содержание и правила ведения.

#### **Содержание отчета**

1. Наименование и цель работы.
2. Краткие теоретические положения.
3. Обоснованное решение указанной преподавателем задачи.

#### **Теоретические положения**

В сооружении промышленных предприятий обычно участвуют несколько строительно-монтажных организаций, каждая из которых выполняет определенный вид работ. Деятельность всех организаций тесно связана между собой.

Координация деятельности всех организаций, участвующих в строительстве и монтаже предприятия, возлагается на одну из них, которая называется генеральным подрядчиком, а остальные организации – субподрядчиками.

Монтаж технологического оборудования, трубопроводов и металлоконструкций можно расчленить на два основных этапа:

- 1) организационно-техническая подготовка к выполнению монтажных работ;
- 2) производство монтажных работ, включая индивидуальное опробование оборудования.

К мероприятиям по подготовке к монтажным работам, относятся:

- 1) получение от заказчика или генерального подрядчика проектно-технической документации на монтируемый объект и составление на ее основе проекта производства работ (ППР), являющегося составной частью проекта организации строительства (ПОС);
- 2) организация монтажной площадки в соответствии с ППР:

строительство открытых и закрытых складов, площадок для укрупненной сборки оборудования и конструкций, сооружение подъездных путей для подачи оборудования, конструкций и материалов в зону монтажа, временных производственных и бытовых помещений, прокладка временных энергетических коммуникаций, снабжающих рабочие места монтажников электроэнергией, водой, воздухом, паром;

3) обеспечение необходимой строительной готовности объекта в соответствии с нормами или техническими условиями для производства монтажных работ;

4) организация своевременной комплектной поставки оборудования, конструкций и материалов в количестве, необходимом для бесперебойного выполнения монтажных работ;

5) оснащение монтажной организации специальным монтажным оборудованием, оснасткой, механизмами, инструментом и организация нормальной его эксплуатации;

6) организация безопасных условий работы с учетом конкретных условий данной монтажной площадки.

Важным фактором, обеспечивающим нормальное ведение монтажных работ, является приемка под монтаж зданий и сооружений. Здание или сооружение считается подготовленным к монтажу, если в нем закончены общестроительные работы: монтаж каркаса здания, кладка стен или навеска стеновых панелей, устройство перекрытий и покрытий кровли, фундаментов под оборудование и технологические конструкции, подкрановые пути.

Кроме того, в ограждающих и несущих конструкциях зданий и сооружений должны быть устроены монтажные проемы для подачи оборудования и конструкций к местам установки; на конструкциях зданий и сооружений нанесены главные оси, а на реперах – высотные отметки; помещения, сдаваемые под монтаж, освобождены от опалубки, строительных лесов и очищены от мусора.

В помещениях машинных залов должны быть оштукатурены стены, выполнены все санитарно-технические работы, застеклены окна и фонари и навешены двери с врезанными замками.

Сдача-приемка объекта под монтаж производится представителями строительной и монтажной организаций и заказчика. Приемка объекта оформляется актом.

Для качественного выполнения всех работ в установленные сроки с минимальными затратами труда и средств необходимо:

- иметь в полном объеме техническую документацию;

- тщательно изучить ее;

- выполнить все подготовительные работы (устройство подъездных путей, временных сооружений, подготовка кадров, получение оборудования, строительных машин, инструментов).

Техническую документацию по своему назначению подразделяют на первичную, промежуточную и сдаточную.

Первичная документация служит основой для производства работ и состоит из проектного задания и рабочего проекта.

В проектное задание входят:

- сводный календарный план строительства, сроки производства монтажа, поставки материалов и оборудования;

- расположение дорог, энергетических сетей, водопроводных магистралей, строительство складов, площадок для хранения и монтажа оборудования;

- размещение производственных баз;

- размещение и техническая характеристика основных грузо-подъемных механизмов.

Рабочий проект является основным документом для ведения строительства и монтажа, он определяет сроки, объем и организацию работ.

При подготовке и выполнении работ пользуются технологической частью рабочего проекта, которая состоит из рабочих чертежей, пояснительной записки, сметы и проекта на монтажные работы.

На рабочих чертежах указано размещение оборудования, указаны все размеры, материал, точность изготовления и качество обработки, даны ссылки на стандарты и нормы.

В пояснительной записке содержатся необходимые расчеты и обоснованы все принятые решения.

Расчет стоимости всех работ отражен в смете с учетом стоимости материала и оборудования, рабочей силы, эксплуатации

механизмов, а также учтены накладные расходы, плановые накопления и депонентские затраты (доплаты за вредность, работы в зимних условиях и т. д.).

Смета является основанием для расчетов за выполненные работы. Проект организации монтажных работ определяет наиболее целесообразные с технической и экономической точек зрения способы производства работ в установленные сроки. Он содержит:

- календарный график производства работ;
- график поступления оборудования и материалов;
- график движения рабочих по профессиям;
- график работы основных монтажных машин;
- генеральный план предприятия с расположением транспортных путей, схем электроснабжения и водоснабжения, площадок для складирования и т. д.;
- технологические карты на сложные работы и работы, выполняемые новыми методами;
- рабочие чертежи временных зданий и сооружений;
- решения, обеспечивающие безопасность ведения работ;
- краткую пояснительную записку, содержащую обоснования и расчеты основных решений проекта производства работ.

Особое значение имеет график производства работ, по которому можно судить об успешности выполнения работ, о потребности в рабочих по профессиям, о потребности в монтажных механизмах и материалах на каждом этапе монтажа.

Промежуточную документацию составляют в процессе производства работ, она отражает качество работ, соответствие их проекту, а также допущенные отступления от проекта.

Промежуточная документация включает:

- акты и схемы на скрытые работы по устройству фундаментов, прокладке трубопроводов, обработке поверхностей под нанесение защитных покрытий и т. д.;
- формуляры на установку оборудования и отдельных узлов с указанием фактических размеров контролируемых величин и величину допустимых отклонений;

- протоколы испытаний материалов и оборудования;
- протоколы согласования изменений и отступлений от проекта.

Сдаточную документацию составляют после окончания монтажа, она состоит из приемо-сдаточных актов, заключений комиссии по спорным вопросам.

Все акты подписывают представители комиссий и представители всех организаций, участвующих в монтаже и строительстве.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какая техническая документация должна быть у каждого Потребителя?
2. Как разрабатываются инструкции и кем утверждаются?
3. Где хранится комплект технической документации Потребителя?
4. Какие документы должны входить в перечень технической документации Потребителя для структурных подразделений?
5. Как часто пересматриваются перечни технической документации Потребителя для структурных подразделений?
6. Как часто пересматриваются инструкции?
9. Какая техническая документация должна находиться на рабочих местах оперативного персонала?
10. Назначение оперативного журнала.
11. Кому предоставляется право ведения оперативного журнала?
14. Что фиксируется в оперативном журнале?

### **Практическое занятие №3**

#### **«Расчет и конструирование фундамента мелкого заложения (ФМЗ)»**

**Задание:** расчет и конструирование фундамента мелкого заложения (ФМЗ)

## Содержание отчета

Наименование и цель работы.

Рассчитать высоты фундамента по конструктивным требованиям.

Определить глубину заложения фундамента.

Определить размер подошвы фундамента.

Конструирование фундамента.

## Теоретические положения

*Определение предварительной высоты фундамента по конструктивным требованиям*

Предварительная высота плитной части фундамента по минимальным требованиям принимается 0,2 м. Исходя из условия жесткой заделки колонны в фундаменте, определяется минимальная высота фундамента:

$$H_f = h_{cf} + 0,2, \text{ м} \quad (1)$$

где  $h_{cf}$  – глубина стакана, м.

Глубина стакана принимается из условия:

$$h_{cf} = h_3 + 0,05, \text{ м} \quad (2)$$

где  $h_3$  – глубина заделки колонны в стакан фундамента, определяется как большее из двух значений:

$$h_3 = (1,0 \dots 1,5)h_c, \text{ м} \quad (3)$$

$$h_3 = k * d_s, \text{ м} \quad (4)$$

где  $d_c$  – высота поперечного сечения колонны, м;

$d_s$  – диаметр продольной арматуры колонны, принимаем (16 мм);

$k=25$  – коэффициент анкеровки арматуры колонны в стакане фундамента.

Минимальная высота железобетонного фундамента под железобетонные колонны для одноэтажных и многоэтажных зданий принимается из условия надежного заземления фундамента в грунте и равна  $H_f = 1,5$  м.

Окончательная высота фундамента уточняется после определения размеров подошвы.

### *Определение глубины заложения фундамента*

Глубина заложения фундамента  $d$  исчисляется от уровня планировки до подошвы фундамента и определяется с учетом:

а) назначения и конструктивных особенностей здания (наличие подвала, подземных коммуникаций и т.д.);

б) геологических и гидрогеологических условий площадки строительства (учитывается сжимаемость грунтов, характер напластования слоев, положение уровня грунтовых вод);

в) влияния глубины сезонного промерзания грунтов.

Расчетная глубина сезонного промерзания грунта определяется по формуле:

$$d_f = k_n d_{fn}, \text{ м} \quad (5)$$

где  $k_n$  – коэффициент, учитывающий влияние теплового режима здания, определяемый по (приложение 1) методических указаний;

$d_{fn}$  – нормативная глубина промерзания грунта, определяется в зависимости от климатического района.

### *Определение размеров подошвы фундамента*

Площадь подошвы фундамента определяется по формуле:

$$A_f = \frac{N_{II}}{R_0 - \gamma_{mt} d}, \quad (6)$$

где  $N_{II}$  – продольное усилие, передаваемое колонной, приложенное к фундаменту на уровне его обреза;

$d$  – глубина заложения фундамента, м;

$\gamma_{mt}$  – среднее значение удельного веса фундамента и грунта на его уступах,  $20 \text{ кН/м}^3$ ;

$R_0$  – начальное расчетное сопротивление несущего слоя грунта, кПа (приложение 1).

Если фундамент испытывает воздействие нормальной силы  $N_{II}$  и изгибающего момента  $M_{II}$ , он считается внецентренно нагруженным. Следовательно, фундамент проектируется прямоугольным в плане, вытянутым в плоскости действия момента, при этом соотношение размеров сторон подошвы фундамента принимается  $\eta = 0,6 \dots 0,85$ .

Учитывая, что  $A_f = b_f l_f$  и  $b_f = \eta l_f$ , преобразуя формулу (6) получаем ширину подошвы фундамента:



$$b_f = \sqrt{\frac{\eta N_{\Pi}}{R_0 - \gamma_{mt} d}}, \quad (7)$$

Тогда длина подошвы фундамента  $l_f$  определяется по формуле:

$$l_f = \frac{b_f}{\eta}, \quad (8)$$

Значения размеров подошвы фундамента округляют кратными 0,3 м в большую сторону.

После этого уточняется расчетное сопротивление грунта (при отсутствии подвала в здании):

$$R = \frac{\gamma_{c1} \gamma_{c2}}{k} [M_{\gamma} k_z b_f \gamma_{\Pi} + M_q d \gamma'_{\Pi} + M_c c_{\Pi}], \quad (9)$$

где  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$  – коэффициенты условий работы, принимаются по приложения 2;

$k$  – коэффициент, т.к. прочностные характеристики грунта  $\varphi_{\Pi}$  и  $c_{\Pi}$

определены непосредственными испытаниями, то  $k = 1,0$ ;

$M_{\gamma}$ ,  $M_q$ ,  $M_c$  – коэффициенты, зависящие от угла внутреннего трения  $\varphi_{\Pi}$ , принимаются по (приложении 2);

$b_f$  – ширина подошвы фундамента, м;

$k_z$  – коэффициент, зависящий от ширины подошвы фундамента (при ширине подошвы  $b_f < 10$  м  $k_z = 1,0$ );

$d$  – глубина заложения фундамента;

$c_{\Pi}$  – расчетное значение удельного сцепления грунта, залегающего непосредственно под подошвой фундамента;

$\gamma'_{\Pi}$  – осредненное расчетное значение удельного веса грунтов, залегающих выше подошвы фундамента;

$\gamma_{\Pi}$  – то же, ниже подошвы фундамента.

Проверяем выполнение условий:

$$P_{\max}^{\text{кр}} \leq 1,2R, \quad (10)$$

$$P_{\min}^{\text{кр}} \geq 0 \quad (11)$$

$$P_{\text{ср}} \leq R \quad (12)$$

где  $P_{\text{ср}} = \frac{P_{\max}^{\text{кр}} + P_{\min}^{\text{кр}}}{2}$  – среднее давление под подошвой внецентренно нагруженного фундамента;

$R_{\min}^{\text{кр}} = \frac{N_{\Pi}}{b_f l_f} + \gamma_{mt} d - \frac{M_{\Pi}}{W}$  минимальное краевое давление под подошвой внецентренно нагруженного фундамента;

$R_{\min}^{\text{кр}} = \frac{N_{\Pi}}{b_f l_f} + \gamma_{mt} d + \frac{M_{\Pi}}{W}$  максимальное краевое давление под подошвой внецентренно нагруженного фундамента;

$W = \frac{b_f l_f^2}{6}$  момент сопротивления подошвы фундамента.

Если правая и левая части неравенства (12) отличаются друг от друга более чем на 5%, необходимо уточнить размеры подошвы фундамента.

Уточнение производится следующим образом. Сначала по формуле (6) вычисляется новое значение площади подошвы  $A_f$  с заменой  $R_0$  на  $R$ . После этого уточняются стороны подошвы фундамента  $l_f$  и  $b_f$ .

Затем по формуле (9) вычисляется новое значение  $R$  и так до выполнения условия:  $\left| \frac{P-R}{R} \right| \leq 0,1$ .

Полученные из расчета размеры подошвы округляются кратно 0,3 м в большую сторону.

#### *Конструирование фундамента*

После определения размеров подошвы определяется высота плитной части и уточняется полная высота фундамента.

Требуемая рабочая высота плитной части фундамента определяют по формуле:

$$h_{0pl} = -\frac{h_c + b_c}{4} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{N_I}{\alpha \gamma_{b2} \gamma_{b9} R_{bt} + p_{zp}}},$$

где  $h_c$  и  $b_c$  – соответственно высота и ширина сечения колонны;

$N_I$  – расчётная нагрузка, передаваемая колонной на уровне обреза фундамента,  $N_I = \gamma_f N_{II}$ ;

$\gamma_f$  – коэффициент надёжности по нагрузке,  $\gamma_f = 1,2$ ;

$\alpha$  – поправочный коэффициент,  $\alpha = 0,85$ ;

$\gamma_{b2}$  – коэффициент, учитывающий длительность действия нагрузки,

$\gamma_{b2} = 1,0$ ;

$\gamma_{b9}$  – коэффициент, учитывающий вид материала фундамента,  $\gamma_{b9} = 0,9$ ;

$R_{bt}$  – расчетное сопротивление бетона растяжению;

$p_{гр}$  – реактивный отпор грунта от расчетной продольной нагрузки  $N_I$  безучета веса фундамента и грунта на его уступах

$$p_{гр} = \frac{N_I}{b_f l_f} \quad (14)$$

Полная высота плитной части фундамента определяется как:

$$h_{pl} = h_{0pl} + a_s, \quad (15)$$

где  $a_s$  – толщина защитного слоя бетона.

После этого определяется полная расчетная высота фундамента:

$$H_f = h_{pl} + h_{cf}. \quad (16)$$

Высота фундамента  $H_f$  округляется кратно 0,3м, а высота ступеней – кратно 0,15м.

Далее производится конструирование ступеней.

В случае если  $h_{0pl} \leq 450$ мм, фундамент рекомендуется проектировать одноступенчатым, при  $450 \text{ мм} < h_{0pl} < 900$ мм – двухступенчатым, при  $h_{0pl} > 900$ мм – трехступенчатым.

Принятые размеры консолей ступеней должны находиться в следующих пределах:

$$c_i = (1 \div 2,5) \cdot h_i, \quad (15)$$

где  $h_i$  – высота ступеней.

*Пример расчета*

Исходные данные:

Здание проектируется для г. Кемерово (нормативная глубина промерзания грунта  $d_{fn}=1,65\text{м}$ ). Здание многоэтажное каркасного типа, с железобетонными колоннами квадратного сечения с размерами сторон  $b_c \times h_c = 0,3 \times 0,3\text{ м}$ , соотношение длины здания к его высоте  $L/H = 2$ .

Материал фундамента – бетон класса В15 ( $R_{bt}=0,75\text{МПа}$ ).

ИГЭ-1 – суглинок,  $h_1= 2,15\text{м}$ ,  $\gamma_1= 17,5\text{кН/м}^3$ ,  $\varphi=18^\circ$ ,  $c=17\text{кПа}$ . При  $I_L=0,27$  и  $e=0,71$  начальное расчетное сопротивление  $R_0=230\text{кПа}$  (табл. П 2.1 приложения 2).

ИГЭ-2 – песок,  $h_2= 3,0\text{м}$ ,  $\gamma_2= 19,5\text{ кН/м}^3$ .

ИГЭ-3 – глина,  $h_3= 1,5\text{м}$ ,  $\gamma_3= 20,5\text{кН/м}^3$ .

Нагрузка на обрез фундамента –  $N_{II}=800\text{кН}$ ,  $M_{II}=60\text{кН}\cdot\text{м}$ ,

Решение:

*Определение предварительной высоты фундамента по конструктивным требованиям*

Исходя из условий жесткой заделки колонны в фундаменте, определяем минимальную высоту фундамента:

$$H_f = h_{cf} + 0,2 = 0,45 + 0,2 = 0,65\text{м},$$

$$\text{где } h_{cf} = h_z + 0,05\text{м} = 0,4 + 0,05 = 0,45\text{м};$$

$h_z$  – глубина заделки колонны в стакан фундамента:

$$h_z = (1,0 \dots 1,5)h_c = 1 \cdot h_c = 0,3\text{м};$$

$h_z = k \cdot d_s = 25 \cdot 16 = 400\text{мм} = 0,4\text{м}$ , принимаем наибольшее значение  $h_z = 0,4\text{м}$ .

Минимальная высота фундамента под железобетонные колонны для одноэтажных и многоэтажных зданий из условий надежного защемления фундамента в грунте равна  $H_f = 1,5\text{ м}$ .

Высоту фундамента по конструктивным требованиям принимаем

$$H_f = 1,5\text{ м}.$$

*Определение глубины заложения фундамента*

Определяем расчетную глубину промерзания  $d_f$  несущего слоя грунта (коэффициент, учитывающий температурный режим здания  $k_h=0,6$ , по табл. (приложении 3):

$$d_f = k_h \cdot d_{fn} = 0,6 \cdot 1,65 = 0,99\text{ м}.$$

Определяем глубину заложения фундамента  $d$  по конструктивным требованиям (рис. 1.2):

$$d \geq H_f = 1,5\text{ м}.$$

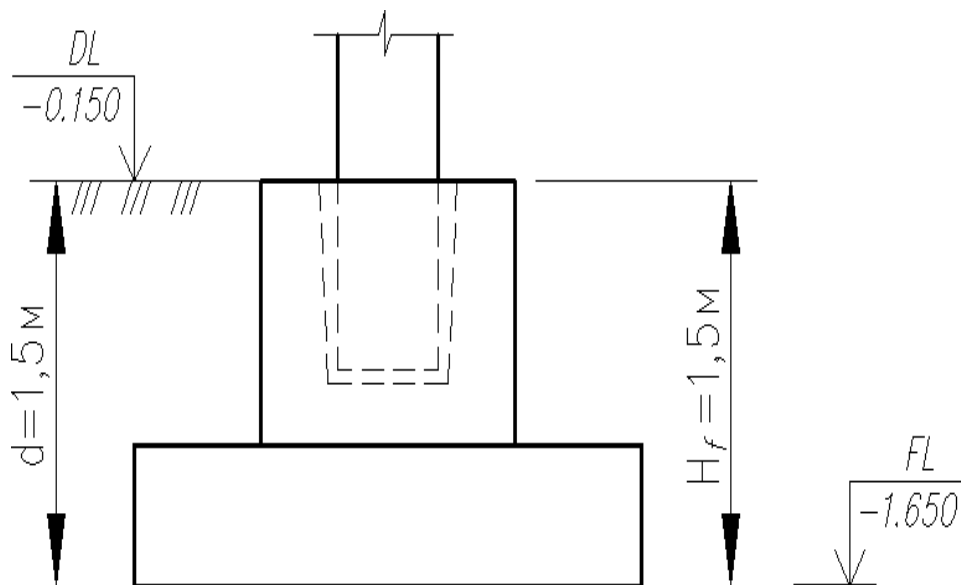


Рис.1 К определению глубины заложения фундамента по конструктивным требованиям

Так как расчётная глубина промерзания грунта  $d_f$  меньше, чем конструктивная глубина заложения фундамента  $d$ , то в качестве расчётной глубины заложения фундамента принимаем большую из них, т.е.  $d = 1,5$  м.

#### *Определение размеров подошвы фундамента*

Принимаем соотношение размеров сторон подошвы фундамента

$$\eta = 0,75.$$

Исходя из принятого соотношения сторон, определяем предварительные (ориентировочные) размеры подошвы фундамента:

$$b_f = \sqrt{\frac{\eta \cdot N_{II}}{R_0 - \gamma_{\text{мг}} d}} = \sqrt{\frac{0,75 \cdot 800}{230 - 20,0 \cdot 1,5}} = 1,73 \text{ м.}$$

Тогда длина подошвы фундамента  $l_f$  определяется по формуле:

$$l_f = \frac{b_f}{\eta} = \frac{1,73}{0,75} = 2,3 \text{ м.}$$

Округляем значения размеров подошвы фундамента кратными 0,3м в большую сторону:  $b_f = 1,8\text{м}$ ,  $l_f = 2,4\text{м}$ .

$$R = \frac{\gamma_{c1}\gamma_{c2}}{k} [M_\gamma k_z b_f \gamma_{II} + M_q d \gamma'_{II} + M_c c_{II}],$$

где  $\gamma_{c1} = 1,2$ ;  $\gamma_{c2} = 1,06$ ;  $k = 1,0$ ;  $k_z = 1,0$ ,

для  $\varphi = 18^\circ \rightarrow M_\gamma = 0,43$ ,  $M_q = 2,73$ ,  $M_c = 5,31$ ,

$c_{II} = 17 \text{ кПа}$ ;

$\gamma'_{II} = \gamma_1 = 17,5 \text{ кН/м}^3$ ,

$\gamma_{II}$  – осредненное значение удельного веса грунтов ниже подошвы фундамента:

$$\gamma_{II} = \frac{\gamma_1 h_{1/2} + \gamma_2 h_2 + \gamma_3 \cdot h_3}{h_{1/2} + h_2 + h_3} = \frac{17,5 \cdot 0,65 + 19,5 \cdot 3 + 20,5 \cdot 1,5}{0,65 + 3,0 + 1,5} = 19,54 \text{ кН/м}^3,$$

где  $\gamma_1$  – удельный вес грунта ИГЭ-1 (см. выше);

$\gamma_2$  – удельный вес грунта ИГЭ-2;

$\gamma_3$  – удельный вес грунта ИГЭ-3;

$$R = \frac{1,2 \cdot 1,06}{1,0} [0,43 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 19,54 + 2,73 \cdot 1,5 \cdot 17,5 + 5,31 \cdot 17] = 225 \text{ кПа}.$$

Определяем максимальное и минимальное краевое давление и среднее давление под подошвой внецентренно нагруженного фундамента в предположении линейного распределения напряжений в грунте.

$$P_{\max}^{kp} = \frac{N_{II}}{b_f l_f} + \gamma_{mt} d + \frac{M_{II}}{W} = \frac{800,0}{1,8 \cdot 2,4} + 20,0 \cdot 1,5 + \frac{60,0}{1,73} = 249,9 \text{ кПа};$$

$$P_{\min}^{kp} = \frac{N_{II}}{b_f l_f} + \gamma_{mt} d - \frac{M_{II}}{W} = \frac{800,0}{1,8 \cdot 2,4} + 20,0 \cdot 1,5 - \frac{60,0}{1,73} = 180,5 \text{ кПа};$$

$$P_{cp} = \frac{P_{\max}^{kp} + P_{\min}^{kp}}{2} = \frac{249,9 + 180,5}{2} = 215,2 \text{ кПа},$$

где  $W$  – момент сопротивления подошвы фундамента, определяется по

$$\text{формуле } W = \frac{b_f l_f^2}{6} = \frac{1,8 \cdot 2,4^2}{6} = 1,73 \text{ м}^3.$$

Для исключения возникновения в грунте пластических деформаций проверяем выполнение следующих условий:

$$P_{\max}^{\kappa p} = 249,9 \text{ кПа} < 1,2R = 1,2 \cdot 225 = 270 \text{ кПа};$$

$$P_{\min}^{\kappa p} = 180,5 \text{ кПа} > 0;$$

$$P_{cp} = 215,2 \text{ кПа} < R = 225 \text{ кПа}.$$

Все условия выполняются. Недонапряжение при этом составляет

$$\left| \frac{P_{cp} - R}{R} \right| \cdot 100\% \approx \left| \frac{215,2 - 225}{225} \right| \cdot 100\% \approx 4,4\% < 10\%,$$

следовательно, фундамент запроектирован экономично.

Окончательно принимаем размеры подошвы фундамента

$$b_f = 1,8 \text{ м}, l_f = 2,4 \text{ м}.$$

### *Конструирование фундамента*

Определяем расчётную высоту фундамента:

Определяем требуемую расчётную высоту плитной части фундамента  $h_{pl}$  по формуле:

$$h_{pl} = h_{opl} + a_s = 0,4 + 0,04 = 0,44 \text{ м} > 0,3 \text{ м}, \text{ условие выполняется.}$$

Определяем расчётную высоту фундамента  $H_f$  по формуле:

$$H_f = h_{pl} + h_{cf} = 0,44 + 0,45 = 0,89 \text{ м}.$$

Полученную высоту фундамента  $H_f$  округляем в большую сторону кратно 0,3 м. Принимаем  $H_f = 0,9 \text{ м}$ .

Так как высота фундамента, принятая по конструктивным требованиям, больше высоты фундамента, требуемой по расчету, то в качестве расчётной принимаем большую из них, т.е.  $H_f = 1,5 \text{ м}$ .

Конструирование фундамента выполняем в следующей последовательности. Назначаем количество и высоту ступеней фундамента, принимая их кратно 0,15 м (рис.2).

Так как  $h_{opl} = 0,4 \text{ м} \leq 0,45 \text{ м}$ , то принимаем одну ступень фундамента, при этом высоту ступени назначаем равной 0,45 м, т.е.  $h_1 = 0,45 \text{ м}$ .

Проверяем условие (1.17), согласно которому принятые размеры консолей ступеней должны находиться в следующих пределах:

$$c_i = (1 \div 2,5) \cdot h_i, = (1 \div 2,5) \cdot 0,45 = 0,45 \div 1,125 \text{ м.}$$

Полученные размеры консолей ступени во взаимно перпендикулярных направлениях составляют 0,45 м и 0,75 м (рис. 1.3), что в вышеуказанных пределах.

Таким образом, окончательная высота плитной части фундамента принимается  $h_{pl} = 0,45$  м, а окончательная рабочая высота плитной части фундамента

$$h_{opl} = h_{pl} - a_s = 0,45 - 0,04 = 0,41 \text{ м.}$$

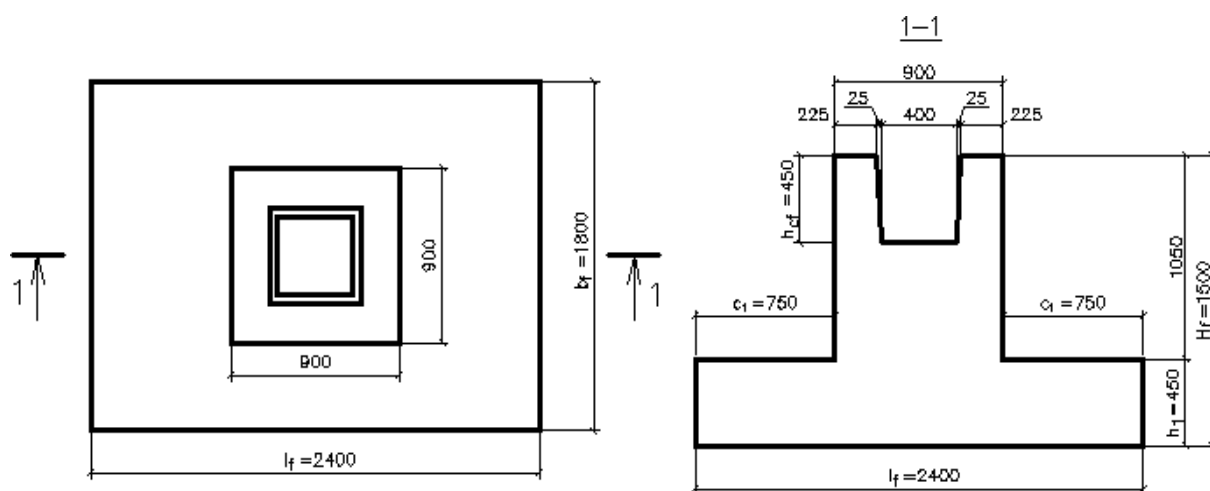


Рис.2. К определению высоты и конструированию фундамента

### Условия задачи

При заданных инженерно-геологических условиях и нагрузке на обрез фундамента  $N_{II}$  и  $M_{II}$  требуется запроектировать столбчатый фундамент мелкого заложения. Проектируемое здание в г.Казани (нормативная глубина промерзания грунта  $d_{fn} = 1,65$  м). Здание многоэтажное, каркасного типа, с железобетонными сборными колоннами квадратного сечения с размерами сторон  $b_c \times h_c = 0,3 \times 0,3$  м, соотношение длины здания к его высоте  $L/H = 2$ .

Исходные данные приведены в табл. 1 настоящего пособия. Грунтовые условия к задаче представлены на рис. 3.



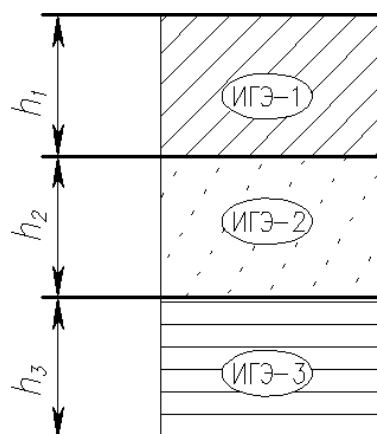


Рис.1. Схема к задаче

№ варианта	$N_{II}$ , кН	$M_{II}$ , кН·м	ИГЭ-1 (суглинок)						ИГЭ-2 (песок)		ИГЭ-3 (глина)	
			$h_1$ , м	$\gamma_1$ , кН/м <sup>3</sup>	$I_L$	$e$	$\varphi$ , град	$c$ , кПа	$h_2$ , м	$\gamma_2$ , кН/м <sup>3</sup>	$h_3$ , м	$\gamma_3$ , кН/м <sup>3</sup>
1	850	45	1,8	20,2	0,25	0,5	32	5	2,5	20,8	2,5	21,8
2	900	50	2,0	19,1	0,33	0,6	28	7	3,5	18,7	3,0	20,7
3	1050	85	1,9	17,1	0,41	0,8	30	6	2,7	19,1	3,5	18,6
4	950	65	2,1	17,8	0,26	0,7	27	8	3,4	20,9	2,7	19,5
5	1250	50	2,3	19,1	0,34	0,6	25	9	4,2	21,2	3,6	20,4
6	850	75	2,1	18,1	0,42	0,7	20	6	3,8	19,0	4,8	19,5
7	1100	55	2,0	19,0	0,27	0,6	24	10	2,9	19,6	3,4	20,5
8	1000	70	2,3	18,3	0,50	0,7	26	8	4,7	18,5	2,9	19,3
9	950	65	2,0	18,2	0,43	0,7	24	14	3,2	19,3	4,2	19,5
10	800	45	2,3	20,3	0,28	0,5	20	12	2,6	21,0	3,7	21,6
11	1050	70	2,1	17,0	0,36	0,8	23	10	3,0	21,2	4,0	18,2
12	1250	65	1,9	20,6	0,44	0,5	19	9	3,4	19,2	3,1	22,2
13	1250	80	2,0	19,0	0,29	0,6	18	14	2,8	21,1	2,9	20,4
14	1200	85	2,1	19,2	0,37	0,6	23	8	3,7	21,0	4,3	20,5
15	1150	55	2,2	17,2	0,45	0,8	24	15	4,3	19,1	4,7	18,5
16	1050	40	2,3	19,0	0,30	0,6	21	16	4,8	19,8	5,1	20,2
17	850	65	2,2	17,1	0,38	0,8	16	9	3,9	20,3	2,6	18,3
18	950	70	2,1	19,3	0,46	0,6	19	16	3,4	18,5	2,7	20,8
19	1000	55	2,3	16,9	0,31	0,8	18	18	2,8	20,5	2,4	17,9
20	1300	70	2,4	20,5	0,39	0,5	16	14	2,7	17,9	5,0	22,0

## **Практическое занятие №4**

### **«Оформление фрагмента технологической документации технологического процесса монтажа по образцу»**

**Задание:** ознакомиться с основными документами, применяемыми при изготовлении и ремонте изделий (включая контроль, испытания и перемещения), научиться оформлять технологическую документацию технологического процесса. Разработать технологический документ в соответствии с заданием, выданным преподавателем, используя СОУ МПП 01.110-076: 2004.

#### **Теоретические положения**

ГОСТ 3.1129-93 Единая система технологической документации (ЕСТД). Общие правила записи технологической информации в технологических документах на технологические процессы и операции СОУ МПП 01.110-076: 2004 (ведомственные стандарты) –комплекс нормативных документов, устанавливающих взаимосвязанные правила и положения по порядку разработки, комплектации, оформления и обращения технологической документации, применяемой при изготовлении и ремонте изделий (включая контроль, испытания и перемещения).

Назначение комплекса стандартов и руководящих нормативных документов:

- обеспечение оптимальных условий при передаче технологической документации на другое предприятие (другие предприятия) с минимальным переоформлением;

- применение унифицированных бланков технологических документов и централизованного их размножения;

- применение единых правил оформления технологических документов в зависимости от типа и характера производства, состава и вида разрабатываемых технологических процессов (операций),

- применяемых способов их описания;

- создание необходимых условий для разработки прогрессивных, типовых и групповых технологических процессов;

создание информационной базы для автоматизированных систем управления и проектирования;

создание предпосылок по снижению трудоемкости инженерно-технических работ в сфере технологической подготовки и управления производством.

### **Виды документов**

В зависимости от назначения технологические документы (далее – документы) подразделяют на основные и вспомогательные.

К основным относятся документы:

содержащие сводную информацию, необходимую для решения одной или комплекса инженерно-технических, планов финансовых и организационных задач;

полностью и однозначно определяющие технологический процесс (операцию) изготовления и ремонта изделия (составных частей изделия).

К вспомогательным относятся документы, применяемые при разработке, внедрении и функционировании технологических процессов и операций, например, карта заказа на проектирование технологической оснастки, акт внедрения технологического процесса и др.

Основные технологические документы подразделяют на документы общего и специального назначения.

К документам общего назначения относятся технологические документы, применяемые в отдельности или в комплектах документов на технологические процессы (операции), независимо от применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделий), например, карта эскизов, технологическая инструкция, титульный лист.

К документам специального назначения относятся документы, применяемые при описании технологических процессов и операций в зависимости от типа и вида производства и применяемых технологических методов изготовления или ремонта изделий (составных частей изделия), например, маршрутная карта, карта технологического процесса, карта типового (группового) технологического процесса, ведомость изделий (деталей, сбороч-

ных единиц) к типовому (групповому) технологическому процессу (операции), операционная карта и др.

В таблице 1 приведены некоторые виды технологических документов, их обозначение и назначение.

Таблица 1

Виды технологических документов

Вид доку-мента	Условное обозначение доку-мента	Назначение документа
Документы общего назначения		
Титульный лист	ТЛ	Документ предназначен для оформления: <ul style="list-style-type: none"> <li>• комплекта (комплектов) технологической документации на изготовление или ремонт изделия;</li> <li>• комплекта (комплектов) технологических документов на технологические процессы изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия);</li> <li>• отдельных видов технологических документов. Является первым листом комплекта (комплектов) технологических документов</li> </ul>
Карта эскизов	КЭ	Графический документ, содержащий эскизы, схемы и таблицы и предназначенный для пояснения выполнения технологического процесса, операции или перехода изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещение.
Технологическая инструкция	ТИ	Документ предназначен для описания технологических процессов, методов, приемов, повторяющихся при изготовлении или ремонте изделий (составных частей изделий), правил эксплуатации

		средств технологического оснащения и применяется в целях сокращения объема разрабатываемой технологической документации
Документы специального назначения		
Маршрутная карта	МК	Документ предназначен для маршрутного или маршрутнооперационного описания технологического процесса или указания полного состава технологических операций при операционном описании изготовления или ремонта изделия (составных частей изделия), включая контроль и перемещения по всем операциям различных технологических методов в технологической последовательности с указанием данных об оборудовании, технологической оснастке, материальных нормативах и трудовых затратах.
Операционная карта	ОК	Документ предназначен для описания технологической операции с указанием последовательного выполнения переходов, данных о средствах технологического оснащения, режимах и трудовых затратах. Применяется при разработке единичных технологических процессов.

Примечание: 1. МК является обязательным документом. 2. Допускается МК разрабатывать на отдельные виды работ. Состав применяемых видов документов определяются разработчиком документов в зависимости от стадии разработки технологической документации, типа и характера производства. Все технологические документы имеют основную надпись, внешний вид которой приведен на рисунке 2.

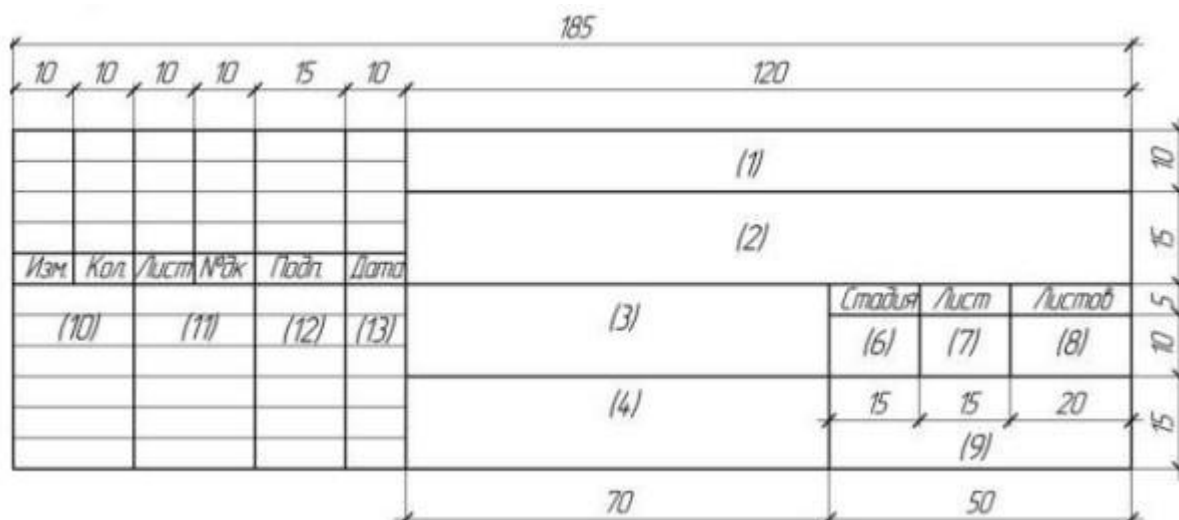


Рисунок 2 – Основная надпись технологических документов

Основная надпись содержит следующую информацию:

1. Обозначение данного технологического документа.
2. Обозначение комплекта ТД, в состав которого входит данный технологический документ – для маршрутной карты. Если данный технологический документ ОК, ТИ, КЭ в графе 2 обозначается МК, в состав которой входит операция, для которой разрабатывается этот документ.
3. Наименование изделия, для которого разрабатывается ТД.
4. Обозначение изделия согласно классификатора КД.
5. Стадия разработки ТД (литера).
6. Обозначение технологического метода изготовления изделия (согласно СОУ МПП 01.100-076: 2004), для МК не заполняется.
7. Номер листа. Если ТД выполнен на листе, данная графа не заполняется.
8. Количество листов.

### Контрольные вопросы

1. Перечислите виды технологических документов (ТД)?
2. Чем определяется комплектность технологической документации?
3. Какую информацию содержат и для кого разрабатываются следующие технологические документы:
  - маршрутная карта (МК);

- операционная карта (ОК);
- карта эскизов (КЭ);
- технологическая инструкция (ТИ)?

4. В каких случаях разрабатываются перечисленные технологические документы?

### **Практическое занятие №5** **«Организация работ по испытанию промышленного оборудования после монтажа»**

**Задание:** необходимо поэтапно описать порядок проведения промышленного испытания оборудования, согласно полученному индивидуальному заданию.

#### **Теоретические положения**

Смонтированное и отремонтированное оборудование для проверки качества ремонта и монтажа подвергают индивидуальным испытаниям: вхолостую (машины, механизмы и аппараты с приводом); на плотность и прочность (емкости и аппараты). К началу индивидуальных испытаний должны быть завершены общестроительные работы, выполнены мероприятия, предусмотренные правилами техники безопасности и противопожарной безопасности, обеспечена подача электроэнергии, воды, пара, сжатого воздуха, а также закончены работы по устройству канализации и систем защиты (заземление и др.). Индивидуальные испытания оборудования вхолостую проводят по специальному графику с участием представителей заказчика и специализированных ремонтных и монтажных организаций. Результаты испытания оборудования оформляются специальными актами.

## **Практическое занятие №6**

### **«Расчет и выбор канатов для одноканатных подъемных установок»**

**Задание:** изучить типы и конструкцию стальных канатов для одноканатных подъемных установок и методику их расчета согласно требованиям Правил Безопасности.

#### **Теоретические положения**

Применяемые в настоящее время стандартные стальные канаты подразделяют: по назначению – грузоподъемные (ГП) и грузовые (Г); по механическим свойствам проволок – высшей марки (В), первой (I) и второй марок (II); по виду покрытия поверхности проволок – покрытия (светлые) и оцинкованные, предназначенные для работы канатов в особо жестких (ОЖ), жестких (Ж) и средних (С) агрессивных условиях; по направлению свивки – правой (П) и левой (Л); по сочетанию направлений свивки – крестовой, односторонней (О) и комбинированной (К); по способу свивки – нераскручивающиеся (Н) и раскручивающиеся (Р).

Количество прядей в шахтных подъемных канатах круглого сечения всегда шесть. Прядь состоит из отдельных стальных проволок круглого сечения, одинакового или разного диаметра.

Число проволок в пряди, в зависимости от ее конструкции может быть разным. Проволоки в пряди повиты в несколько концентрических слоев вокруг центральной. Количество концентрических слоев достигает четырех. По роду свивки проволок в пряди канаты различают с точечным (ТК), с линейным (ЛК) и с точечно-линейным касаниями (ТЛК), поверхностного контакта (ПК).

Канаты могут быть изготовлены из проволок с расчетным пределом прочности на растяжение от 1176 до 2156 МПа. В шахтном подъеме следует избегать применения канатов с пределом прочности проволок больше 1764 МПа, так как с повышением предела прочности уменьшаются пластические свойства металла и повышается их склонность к усталостному разрушению.



При расчетах следует ориентироваться на средние значения предела прочности проволоки –  $1568 \div 1666$  МПа.

При выборе конструкции каната, в зависимости от условий его работы, следует учитывать разные факторы: коэффициент заполнения металлом площади поперечного сечения; величину опорной поверхности; конструктивное удлинение, способность противостоять механическому износу и гибкость каната.

Коэффициент гибкости, показывающий соотношение диаметра каната и максимального диаметра проволоки в канате, должен соответствовать нормам ПБ и лимитировать минимальное значение диаметра органа навивки. Диаметр проволоки составляет от 0,2 до 4 мм.

Для вертикальных одноканатных шахтных подъемов следует применять, как правило, оцинкованные круглопрядные канаты с линейным и точечно-линейным касанием проволок, предусмотренные действующими ГОСТ, с маркировочной группой прочности до 1764 МПа. Предпочтителен унифицированный ряд канатов - канаты двойной свивки с линейным касанием проволок в прядях типа ЛК-РО конструкции  $6 \times 38(1+7+7/7+14)+1$  о.с. с органическим сердечником, диаметром 27; 33; 36,5; 42; 46,5; 50,5; 53,5; 58,5; 63,5 мм.

### **Пример расчета.**

По заданным условиям рассчитайте и выберите канат для одноканатной подъемной установки.

Исходные данные:

$H_{СТ}$  – глубина ствола, м;

$Q$  – масса полезного груза, кг;

$m_C$  – масса скипа, кг;

$m_{КЛ}$  – масса клетки, кг;

$m_{ВАГ}$  – масса вагонетки, кг

Числовые значения параметров приведены в таблице 1.

Таблица 1.

## Исходные данные к задаче

Параметры	Номер варианта					
	1(7)	2(8)	3(9)	4(10)	5(11)	6(12)
$H_{СТ}$ , м	450	500	550	600	650	700
$Q$ , кг	3000	7200	11000	16000	22000	25000
$m_C$ , кг	-	-	10500	15500	21000	24400
$m_{КЛ}$ , кг	2760	5230	-	-	-	-
$m_{БАГ}$ , кг	610	677	-	-	-	-

Обозначим  $m_K$  – масса 1 метра подъемного каната, кг/м;  $m_{ХВ}$  – масса 1 м хвостового каната, кг/м.

В зависимости от наличия хвостового каната рассмотрим три случая:

1)  $m_{ХВ} = 0$  – нет хвостового каната – система статически неуравновешена;

2)  $m_K = m_{ХВ}$  – есть равновесный хвостовой канат – система статически уравновешена;

3)  $m_{ХВ} > m_K$  – имеется тяжелый хвостовой канат – система статически переуравновешена ( пример гармонического подъема).

В первых двух случаях наименьшую необходимую по условиям прочности массу 1 м каната,  $m_K$ , кг/м, определяют по формуле

$$m_K = \frac{m_0}{\frac{\sigma}{Z \cdot \gamma_0} - H_0} \quad (1)$$

где  $m_0$  – масса концевого груза, кг;  
при скипах

$$m_0 = m_C + Q, \quad (2)$$

при клетях

$$m_0 = m_{КЛ} + m_{БАГ} + Q, \quad (3)$$

где  $m_C$ ,  $m_{КЛ}$ ,  $m_{ВАГ}$ ,  $Q$  – соответственно массы скипа, клетки, вагонетки и полезного груза, кг;

$\sigma$  – предел прочности проволоки на растяжение, МПа; ( $\sigma = 1568 \div 1666$  МПа);

$Z$  – статический запас прочности (отношение разрывного усилия каната к максимальному статическому натяжению в расчетном сечении);

$H_0$  – максимальная длина отвеса каната, м:

$$H_0 = H + h_{ПЕР}, \quad (4)$$

$H$  – высота подъема, м,

$$H = H_{СТ} + h_{ЗАГ} + h_{ПП},$$

$H_{СТ}$  – глубина ствола, м;

$h_{ЗАГ}$  – высота загрузки скипа у подземного бункера ( $h_{ЗАГ} = 20$  м);

$h_{ПП}$  – высота приемного бункера ( $h_{ПП} = 23$  м);

$h_{ПЕР}$  – высота переподъема, м ( $h_{ПЕР} = 3$  м);

$\gamma_0$  – фиктивная плотность каната, МПа/м; показывает давление в сечении каната, возникшее за счет веса 1 м собственной массы каната

$$\gamma_0 = \frac{g \cdot m_K}{S_{ПР}}, \quad (5)$$

где  $g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> – ускорение силы тяжести;

$S_{ПР}$  – суммарная площадь поперечного сечения проволок в канате, мм<sup>2</sup>.

В канате проволоки расположены по спирали. Чем больше закручены проволоки в спираль, тем большей длины проволоки размещаются в 1 м каната, больше получается масса 1 м каната и, соответственно, величина коэффициента  $\gamma_0$ . Таким образом  $\gamma_0$  характеризует конструкцию каната и, поэтому он часто называется также конструктивным коэффициентом каната. Фиктивная (условная) плотность круглопрядных канатов двойной свивки составляет  $\gamma_0 = 0,094$  МПа/м; для трехграннопрядных  $\gamma_0 = 0,092$  МПа/м; для канатов закрытой конструкции  $\gamma_0 = 0,087$  МПа/м.

Согласно ПБ, при навеске канатов должны быть удовлетворены следующие запасы прочности при подъеме:

- исключительно людском  $Z \geq 9,0$ ;
- грузо-людском  $Z \geq 7,5$ ;
- исключительно грузовом  $Z \geq 6,5$ .

Определив  $m_K$  выбирают стандартный канат по ближайшему большему значению.

Для окончательного выбора каната необходимо проверить, чтобы фактическое значение запаса прочности удовлетворяло нормам ПБ.

Фактический запас прочности

$$Z_{\phi} = \frac{Q_{PA3P}}{(m_0 + m_K \cdot H_0) \cdot g}, \quad (6)$$

где  $Q_{PA3P}$  – суммарное разрывное усилие всех проволок в канате по каталогу, Н.

При наличии тяжелого хвостового каната формулы (1) и (6) имеют вид

$$m_K = \frac{m_0 + (m_{XB} - m_K) \cdot H}{\frac{\sigma}{Z \cdot \gamma_0} - H_0} \quad (7)$$

$$Z_{\phi} = \frac{Q_{PA3P}}{(m_0 + m_{XB} \cdot H + m_K \cdot h_{ПЕР}) \cdot g} \quad (8)$$

В формулах (4) и (8) величина  $h_{ПЕР}$  слишком мала и ею можно пренебречь и принять  $h_{ПЕР} = 0$ .

Величину  $(m_{XB} - m_K)$  в формуле (7) получают на основании соответствующего расчета; практически она может составлять  $\approx 1,5 \div 2$  кг.

Для уравнивания подъемных усилий, хвостовой канат всегда может дать положительный эффект (уменьшается мощность двигателя и расход энергии из сети и увеличивается КПД подъемной установки), однако с технической и экономической точки зрения применение хвостового каната не всегда целесообразно – вызывает утяжеление системы, удорожает машину, лишает возможности перестановки барабанов в случае подъема с

нескольких горизонтов, поэтому применение хвостового каната следует обосновать технико-экономическим расчетом.

Существует технический предел, при достижении которого применение хвостового каната является необходимым. Такой предел наступает, когда масса каната опускающейся ветви равна массе полезного груза ( $m_K \cdot H = Q$ ).

Для установления степени уравнивания системы существует коэффициент статической неуравновешенности

$$\delta = \frac{m_K \cdot H}{k \cdot Q} \quad (9)$$

где  $k$  – коэффициент шахтных сопротивлений (для клетевых подъемов  $k = 1,2$ ; для скиповых –  $k = 1,15$ ).

Как видно из формулы (9) технический предел неуравновешенности системы наступает при  $\delta = 0,83 \div 0,87$ . Однако уравнивание системы целесообразно применить раньше, при достижении  $\delta \geq 0,5$ .

Для уравнивания одноканатного подъема следует применять один уравнивающий канат. В качестве уравнивающих предпочтительно применять круглые малокрутящиеся канаты. Если шахтные условия не позволяют использовать вертлюги для круглых уравнивающих канатов (абразивная пыль), следует применять плоские канаты или плоские резино-тросовые ленты.

Обычно неуравновешенная система для клетового подъема практически используется до глубины 400 м, а для скипового подъема до 550 м.

### **Контрольные вопросы:**

1) Поясните конструкцию канатов простой и двойной свивки. Что называется стренгой?

2) На какие виды делятся канаты по конструкциям прядей и характеру взаимного соприкосновения проволок в прядях?

3) Поясните конструкцию канатов: ЛК-О; ЛК-Р; ЛК-РО; ЛК-РР; ЛК-З.

4) Как получают канаты типа ПК? Какими достоинствами они обладают?

5) В качестве каких канатов применяют плоские канаты. Их конструкция, достоинства и недостатки.

6) Согласно ПБ какое соотношение должно быть между диаметром органа навивки и диаметром каната для одноканатных подъемных установок подземных, на поверхности с цилиндрическими барабанами и со шкивами трения?

7) К чему приведет уменьшение отношения диаметра органа навивки к диаметру каната по сравнению с регламентированным ПБ?

8) Назовите запасы прочности каната по ПБ при одноканатном подъеме для установок, служащих для спуска-подъема людей; для грузоподъемных; для грузовых и для установок со шкивом трения.

9) Почему на подъемных установках используются канаты с пеньковым сердечником? Какие две задачи он выполняет?

10) Какими способами достигается статическое уравновешивание подъемных систем? Что понимается под статическим уравновешиванием?

11) Назовите примеры динамически уравновешенных подъемных систем. Что понимается под динамическим уравновешиванием?

## **2 Практические занятия и самостоятельная работа для МДК.01.02 Организация и осуществление пусконаладочных работ промышленного (технологического) оборудования**

### **Практическая работа №1**

#### **«Составление пакета документации на испытания оборудования»**

**Задание:** Преподавателем выдается в качестве задания один из узлов оборудования для составления пакета документации на испытание.

### **Теоретические положения**

Каждая единица оборудования для испытания или измерения должна иметь следующие сведения:

- Наименование и вид оборудования;
- Предприятие-изготовитель, тип (марка), заводской и инвентарный номер;
- Дата изготовления, получения и ввода в эксплуатацию;
- Месторасположение в настоящее время (в случае необходимости);
- Состояние на момент получения (новое, изношенное, с продленным сроком действия и т.п.);
- Данные об имеющихся неисправностях, ремонтах, техническом обслуживании;
- Данные об аттестациях, проверках;
- Документы по эксплуатации и техническому обслуживанию испытательного оборудования и средств измерений;
- Паспорт на каждую единицу испытательного оборудования и средств измерений;
- Методики проведения проверок средств измерений, а также программы и методики аттестации испытательного оборудования;
- Порядок аттестации и утверждения нестандартных методик измерений и испытаний;
- Документы по учёту проверок средств измерений и аттестации испытательного оборудования;
- Графики аттестации испытательного оборудования и проверок средств измерений.

## **Практическая работа №2**

### **«Организация пусконаладочных работ промышленного оборудования после монтажа»**

**Задание:** студентам необходимо поэтапно описать порядок проведения пусконаладочных работ оборудования, согласно полученному индивидуальному заданию.

#### **Теоретические положения**

Основной задачей пусконаладочных работ является комплексное опробование всей установки с целью проверки надежности и безопасности ее работы, а также достижения проектных параметров. В результате пусконаладочных работ должны быть выявлены и устранены все недостатки проекта и монтажа, препятствующие надежной и безопасной эксплуатации оборудования. Прием оборудования во временную эксплуатацию производится только после окончания пусконаладочных работ.

Наладочные работы выполняются специализированными организациями в соответствии с хозяйственными договорами, заключаемыми с предприятиями. Наладочные работы могут также выполняться силами предприятия при наличии подготовленного инженерно-технического персонала и необходимого парка контрольно-измерительных приборов.

Инженерно-технический персонал, непосредственно выполняющий наладочные работы, относится к оперативному персоналу и должен пройти обучение и сдать экзамен квалификационной комиссии в объеме выполняемой работы. Сдача экзамена оформляется протоколом с выдачей удостоверения, дающего право на выполнение наладочных работ. Повторной проверке знаний инженернотехнические работники подвергаются один раз в три года, а рабочие ежегодно.

В результате наладочных работ составляется технический отчет, в котором рассматриваются все выполненные этапы и приводятся выводы и рекомендации для дальнейшего улучшения работы установки. Технический отчет является основным докумен-



том, характеризующим объем выполненных работ и их эффективность

### **Практическая работа №3**

#### **«Составление пакета документации на пуско-наладку оборудования»**

**Задание:** студентам необходимо составить пакет документов на пуско-наладку промышленного оборудования, согласно полученному индивидуальному заданию.

#### **Теоретические положения**

Техническая документация, подлежащая сдаче заказчику, состоит из протоколов пусконаладки и испытаний, характеристик машин, аппаратов и др., в виде графиков или осциллограмм, исполнительных и принципиальных и монтажных схем электроустановок.

Рекомендуется следующий порядок составления технической документации. В процессе выполнения пусконаладки ведущий звена систематически производит записи в рабочую тетрадь и рабочие бланки испытаний. Руководитель бригады, а также ответственные по крупным участкам наладки в своих тетрадях отмечают ход пусконаладки, обнаруженные дефекты, изменения в схемах, основные данные измерений и др. Собранный таким путем материал является основным документом при заполнении протокола и составлении технического отчета. Для ускорения сдачи отчетной документации эксплуатационному персоналу необходимо вменить в обязанность ведущему каждого звена, используя записи в рабочих тетрадях, производить без отлагательства заполнение одного экземпляра протоколов пусконаладки.

Выполняя пусконаладочные работы необходимо вносить исправления в экземпляры рабочих, монтажных и принципиальных схем, находящихся в распоряжении звена. По окончании наладки эти исправления переносятся тушью в чистые экземпляры для сдачи заказчику в качестве исполнительных.

Технический отчет по пусконаладке служит для контроля полноты объема и качества выполнения работ, а также для накопления полученных при наладке практических знаний и опыта и передачи их другим рабочим.

Исходя из этого, технический отчет о проделанной работе должен содержать краткие элементарные сведения, характеризующие технологические и электрические показатели объекта, последовательность и методику выполнения наладочных работ, окончательно достигнутые результаты, оценку качества монтажа, внесенные в процессе наладки изменения и дополнения, выявленные недостатки оборудования и проекта и необходимые рекомендации.

Составление отчета возлагается, как правило, на руководителя бригады, после полного завершения наладочных работ, при участии наладчиков, принимавших участие в наладке данного объекта.

### **Протоколы наладки**

Результаты испытания и наладки установок вносятся в специальные протоколы, которые являются документами, определяющими пригодность электроустановки к длительной эксплуатации. Официально принятых форм протоколов проверки и испытаний электрооборудования нет. Каждая организация, в зависимости от специфики работ, применяет собственные формы протоколов. Протоколы заполняются в двух экземплярах; один экземпляр сброшюрованных протоколов с приложением исполнительных принципиально-монтажных схем и технического отчета передается эксплуатации с составлением акта о приемке налаженных электроустановок, второй экземпляр хранится в архиве наладочной организации. Все протоколы должны быть подписаны исполнителями (наладчиками)» производившими наладочные работы, и руководителем наладочной бригады. В приложениях для примера приводятся некоторые формы протоколов, которые применяются при наладке электроустановок. Ниже даются краткие замечания по заполнению некоторых важнейших протоколов наладки.

Протокол испытания синхронной машины применяется для синхронных машин, работающих в режимах генератора, электродвигателя, компенсатора.

Протокол одновременно предусматривает и испытание возбуждателя этих машин. Протокол испытания силовых трансформаторов применяется для силовых трансформаторов и одновременно используется при испытаниях масляных реакторов и заземляющих катушек.

Протокол испытания заземляющего устройства применяется при проверке заземления электроустановок.

В протоколах желательно указывать номера чертежей, схем, по которым были выполнены наладочные работы, соответствие этих проектных схем выполненному монтажу, метод проверки согласованности обмоток и маркировки выводов, метод настройки реле защиты и обоснования принятых уставок. Если в процессе пусконаладки были обнаружены дефекты, например несогласованность обмоток, несоответствие маркировки и т. п., необходимо указать о выполненных изменениях, либо сослаться на номер чертежа, схемы, где внесены эти изменения.

В протоколах и в техническом отчете по пусконаладке рекомендуется иметь приложения в виде актов, схем испытываемого оборудования и других материалов, помогающих работникам эксплуатации систематически вести паспорта электрооборудования и электроустановки в целом, включая заводские испытания, а также результаты наладки и опробования при пуске, эксплуатационные данные.

## **Практическая работа №4 «Расчет траверс»**

**Задание:** Получение практических навыков расчета траверс.

### **Теоретические положения**

**Траверсы** — грузоподъемные приспособления, которые воспринимают сжимающие или растягивающие усилия или работают на изгиб. Встречаются случаи, когда траверсы работают одновременно на сжатие и изгиб.

Основное назначение траверс — предохранить поднимаемые элементы от воздействия сжимающих усилий, возникающих в них при наклоне стропов.

**Линейные траверсы** (рис. 1) предусмотрены для перемещения различных видов длинномерных грузов (длинной более 6 метров): трубы, стальная заготовка, арматура, рельсы, контейнера, листовая сталь, дерево, пиломатериалы, автомобилей.

По способу строповки грузов линейные траверсы подразделяются на:

Предусмотренные для строповки груза по краям.

Предусмотренные для строповки груза по центру.

Предусмотренные для строповки к крану по центру траверсы или по краям.

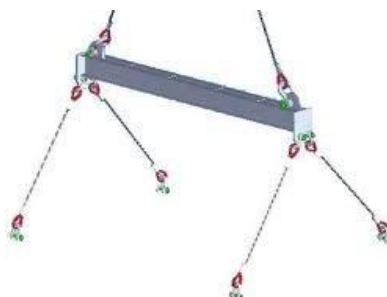


Рисунок 1. Линейна траверса

**Т-образные траверсы** предназначены для поднятия и перемещения грузов со смещенным центром тяжести, грузов, схема строповки которых предусматривает три точки крепления (рис. 2).



Рисунок 2. Т-образная траверса

Предусмотренное в конструкции данной траверсы переставное звено, позволяет обеспечить оптимальную нагрузку на другие элементы строповки (стропы, скобы, крюки и т.д.).

**Н-образные траверсы** данного типа предназначены для подъема различного груза, схемой строповки которых предусмотрено крепление за четыре точки (рис. 3).

Так же свое применение Н-образная траверса находит при перемещении крупногабаритных грузов, что позволяет уменьшить угол между ветвями стропов.

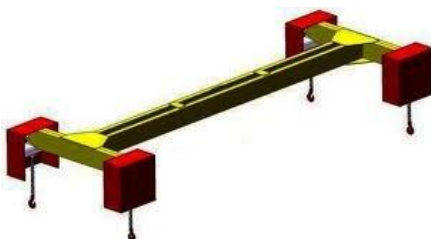


Рисунок 3. Н-образная траверса

**Условие задания** (согласно своего варианта см. табл. 1) подобрать и рассчитать сечение балки траверсы, работающей на изгиб, для подъёма ротора турбины массой  $m_{ГР} = \_\_ \text{ т}$  с расстоянием между канатными подвесками  $l = \_\_ \text{ м}$  (рис. 4).

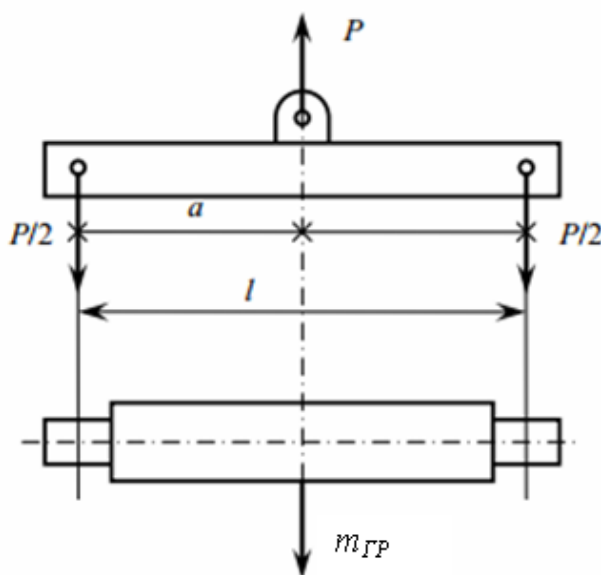


Рисунок 4. Расчетная схема траверсы, работающей на изгиб

Таблица 1.

## Варианты заданий

Номер варианта	Масса турбины, т	Расстоянием между канатными подвесками, м
1	24	4
2	22	2
3	20	1
4	18	1
5	16	2
6	14	4

1. Нагрузка, действующая на траверсу:

$$P = 10 \cdot m_{ГР} \cdot k_n \cdot k_d, \text{ кН} \quad (1)$$

где  $m_{ГР}$  – масса поднимаемого груза, т;

$k_n$  – коэффициент перегрузки,  $k_n = 1,1$ ;

$k_d$  – коэффициент динамичности  $k_d = 1,1$ .

2. Изгибающий момент в траверсе:

$$M = P \cdot \frac{a}{2}, \text{ кН} \cdot \text{см} \quad (2)$$

где  $a$  – длина плеча траверсы, см,  $a = \frac{l}{2}$ .

3. Требуемый момент сопротивления поперечного сечения траверсы:

$$W_{mp} = \frac{M}{k_{раб} \cdot 0,1 \cdot R}, \text{ см}^3 \quad (3)$$

где  $k_{раб}$  – коэффициент условий работы,  $k_{раб} = 0,9$ ;

$R$  – расчетное сопротивление стали, МПа (см. табл. 2)

Таблица 2.

Значения сопротивления стали

Расчётные сопротивления прокатной стали

Напряжённое состояние	Условные обозначения	Расчётные сопротивления, МПа, для стали класса			
		С 38/23	С 44/29	С 46/33	С 52/40
Растяжение, сжатие, изгиб	$R$	210	260	290	340
Срез	$R_{ср}$	130	150	170	200

4. Выбираем для траверсы сплошного сечения одиночный двутавр и по (приложение 4). определяем момент сопротивления  $W_x^D$  ближайший и больший  $W_{тр}$ .

### **Практическая работа №5 «Выбор и проверка двухколодочного тормоза для механизма подъёма»**

**Задание:** научиться производить расчет двухколодочного пружинного тормоза с клапанным электромагнитом

#### **Теоретические положения**

Тормозные приспособления обеспечивают остановку механизмов, удержание груза на высоте и регулирование скорости при опускании груза. По конструкции тормоза могут быть колодочные, ленточные, дисковые, конические и др.

Все тормозные устройства должны иметь тормозной момент, удовлетворяющий условиям работы механизма; обеспечивать надежную работу при плавном торможении и быстром размыкании; обладать простотой конструкции и прочностью деталей при минимальных размерах; допускать быструю, точную и устойчивую регулировку и замену изношенных деталей; не допускать возникновения высоких температур между поверхностями трения в процессе торможения.

В подъемно-транспортных машинах в основном применяются нормально закрытые двухколодочные тормоза. Замыкание тормозов – пружинное, или, реже, с помощью подвешенного груза. В качестве *размыкающего устройства* (привода рычажной системы тормоза) используются специальные *тормозные электромагниты и электрогидравлические толкатели*, включаемые параллельно двигателю механизма.

На тормозах мостовых электрических кранов применяют:

Длинноходовые плунжерные электромагниты типа КМП (П-постоянного тока) и КМТ (Т-трехфазного тока);

Короткоходовые клапанные электромагниты МП (постоянного тока)

Однофазные электромагниты МО-А, МО-Б

**Условие задания** (согласно своего варианта см. табл. 1).

Произвести расчет двухколодочного пружинного тормоза с клапанным электромагнитом МО-Б для механизма передвижения тележки, при заданных значениях: мощность двигателя –  $P_{дв}$ , кВт; число оборотов –  $n_{дв}$ , об/мин; режим работы – ПВ, %; коэффициент полезного действия рычажной системы –  $\eta_r$ .

Схема к расчету двухколодочного пружинного тормоза с клапанным электромагнитом

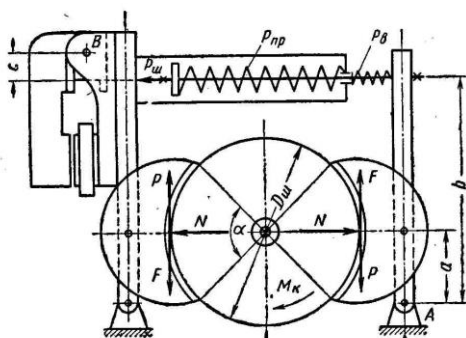


Рис.1

Таблица 1

### Варианты заданий

№ вар.	$P_{дв}$ , кВт	$n_{дв}$ , об/мин	ПВ, %	Лента	
1	3,5	910	25	Тормозная вальцованная	0,9
2	4,2	950	40	Тормозная вальцованная	0,92
3	5	910	25	Тормозная вальцованная	0,94
4	4,2	925	40	Тормозная вальцованная	0,9
5	5	940	25	Тормозная вальцованная	0,92
6	7,5	905	25	Тормозная асбестовая	0,94
7	3,5	875	25	Тормозная асбестовая	0,9
8	4,2	950	40	Тормозная асбестовая	0,92
9	4,2	925	40	Тормозная асбестовая	0,94
10	5	910	25	Тормозная асбестовая	0,95



1. Крутящий момент –  $M_K$ , Н•м

$$M_K = 9750 \frac{P_{дв}}{n_{дв}} \quad (H \cdot m), \quad (1)$$

где  $P_{дв}$  – мощность двигателя,  $P_{дв}=3,5$  кВт;  
 $n_{дв}$  – число оборотов,  $n_{дв}=910$  об/мин.

2. Тормозной момент –  $M_T$ , Н•м

$$M_T = K_T \cdot M_K \quad (H \cdot m), \quad (2)$$

где  $K_T$  – коэффициент запаса торможения,  $K_T=1,5$ ;

3. По таблице 2 по значениям  $M_T$  и ПВ выбрать тормоз и записать его характеристики:

Тип тормоза;

Тормозной момент –  $M_T$ , Н•м;

Отход колодки –  $\varepsilon$ , мм;

Ход штока –  $h_{я}$ , мм;

Момент электромагнита –  $M_m$ , Н•м;

Масса тормоза –  $m$ , кг;

Угол обхвата шкива колодкой –  $\alpha$  ( $\alpha=70$ );

Диаметр шкива –  $D_{ш}$ , мм;

Ширина шкива –  $B$ , мм;

Размеры рычага:  $a=h$ ;  $b=2a$ ;  $c=40$  мм;

4. В зависимости от момента электромагнита по таблице 3 выбрать электромагнит и указать его характеристики:

тип;

угол поворота якоря –  $\beta_{табл}$ ;

момент массы якоря –  $M_{я}$ , Н•м

5. Сила нормального давления –  $N$ , Н.

$$N = \frac{M_T}{D_{ш} f} \quad (H), \quad (3)$$

где  $M_T$  – табличное значение тормозного момента (для выбранного тормоза);  $D_{ш}$  – диаметр шкива, м;  $f$  – коэффициент трения рабочих поверхностей,  $f=0,35$ ;

6. Усилие на штоке –  $F_{ш}$ , Н

$$F_{ш} = \frac{N \cdot a}{b \cdot \eta} (H) , \quad (4)$$

где  $a$  и  $b$  – размеры рычага, м;  $\eta$  – коэффициент полезного действия рычажной системы,  $\eta=0,9$ .

7. Усилие рабочей пружины –  $F_{пр}$ , Н

$$F_{пр} = F_{ш} + F_B + \frac{M_{я}}{c} (H) , \quad (5)$$

где  $F_B$  – усилие вспомогательной пружины. Принимаем  $F_B = 40$  Н.

$c$  – размер рычага, м;

8. Момент электромагнита при растормаживании –  $M_{м}$ , Н•м

$$M_{м} = F_{пр} \cdot c - M_{я} - F_B \cdot c \leq (M_{м})_{табл} \quad (H \cdot m) \quad (6)$$

9. Угол поворота якоря

$$\beta^{\circ} = 2 \cdot K_U \cdot \varepsilon \cdot \frac{180}{\pi} \cdot \frac{b}{a \cdot c} \quad (7)$$

где  $\varepsilon$  – отход колодки, мм;  $a$ ,  $b$ ,  $c$  – размеры рычага, мм;  $K_U$  – коэффициент износа и деформации обкладок и рычажной системы. Принимаем  $K_U = 1,5$ .

Проверим неравенство:

$$\beta^{\circ} \leq \beta^{\circ}_{табл} .$$

10. Проверка на удельное давление

$$q = \frac{360 \cdot M_{т}}{\pi \cdot D_{ш}^2 \cdot B \cdot f \cdot \alpha^{\circ}} \leq [q] (H / m^2) \quad (8)$$

где  $D_{ш}$ ,  $B$  – размеры шкива, м;

$f$  – коэффициент трения рабочих поверхностей;

$\alpha$  – угол обхвата шкива колодкой,

Проверим условие:  $q \leq [q]$

где  $[q]$  – допускаемое удельное давление.

Для тормозной асбестовой ленты  $[q]=2 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>; для тормозной вальцованной ленты  $[q]=3 \cdot 10^5$  Н/м<sup>2</sup>.

## Практическая работа № 6 «Привод механизма передвижения тележки мостового крана»

**Задание:** Получение практических навыков расчета привода механизма передвижения тележки мостового крана.

### Теоретические положения

Наиболее в промышленности используются мостовые электрические краны (см. рис. 1).

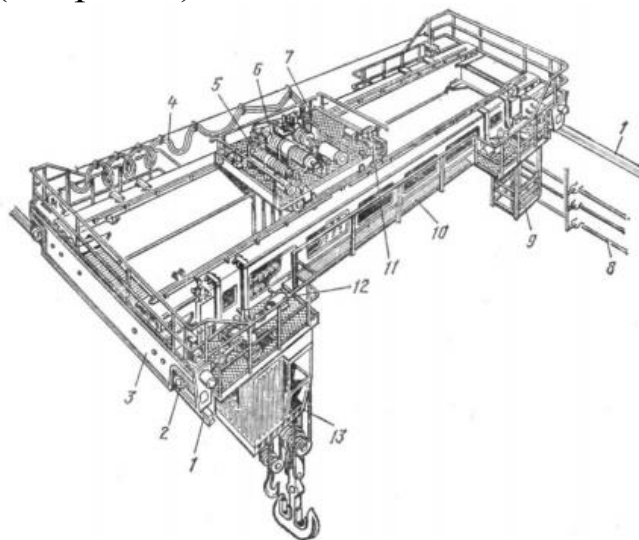


Рисунок 1. Мостовой электрический кран

Мостовой кран представляет собой балочный мост 10, опирающийся на поперечные концевые балки 3, в которых закреплены ходовые колеса 2, приводимые во вращение механизмом 12 передвижения крана.

Мост перемещается по подкрановым путям 1 (вдоль цеха), уложенным на подкрановые балки, опирающийся на колонны здания.

По мосту перемещается тележка 7, на которой установлены механизмы главного 6 и вспомогательного механизма подъема 5, механизм передвижения тележки 11 и токопровод 4 к тележке. Аппаратура управления размещается в кабине 13.

Механизмы мостового крана обеспечивают три движения: подъем груза, передвижение тележки и передвижение моста.

Детальное расположение механизмов на тележке мостового крана показано на рисунке 2.

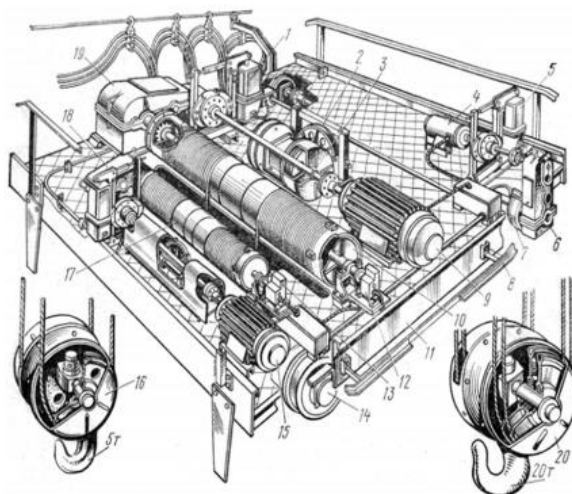


Рисунок 2. Тележка мостового крана с главным и вспомогательным подъемами

На раме 11 тележки размещены механизмы главного и вспомогательного подъема 4, механизм передвижения.

Механизм главного подъема состоит из электродвигателя 9, соединенного длинным валом-вставкой с редуктором 19.

Полумуфта, соединяющая вал-вставку с валом редуктора и расположенная на входном валу редуктора, используется в качестве тормозного шкива колодочного тормоза 1 с приводом от электрического толкателя. Выходной вал редуктора соединен с барабаном 10.

В качестве ограничителя высоты подъема применяют шпиндельный выключатель 12, отключающий питание при достижении крюковой подвески крайнего верхнего или крайнего нижнего положения.

Вспомогательный механизм подъема имеет аналогичную кинематическую схему (15 – двигатель, 18 – редуктор, 17 – барабан, 13 – конический выключатель).

Механизм передвижения тележки состоит из двигателя 4, тормоза 5, зубчатого редуктора 6, двух ведущих 7 и двух ходовых колес 14.

На раме тележки укреплена линейка 8 конечного выключателя, ограничивающая путь передвижения тележки.

Мостовой кран с подвижной тележкой обслуживает практически всю площадь цеха.

Как уже указывалось, мостовые краны в зависимости от назначения могут иметь различные грузозахватные приспособления: крюки, электромагниты, грейферы, а также специальные захваты для штучных грузов.

**Условие задания (согласно своего варианта см. табл. 1)** рассчитать и подобрать электродвигатель, редуктор, тормоз для механизма передвижения грузовой тележки мостового крана грузоподъемность  $Q = \underline{\hspace{1cm}}$  кг, и массой тележки  $m_T = \underline{\hspace{1cm}}$  кг, двигающейся со скоростью  $V_T = \underline{\hspace{1cm}}$  м/с и с общим КПД  $\eta = 0,9$  при сопротивлениях от трения  $W_{mp} = \underline{\hspace{1cm}}$  Н и уклона  $W_{ук} = \underline{\hspace{1cm}}$  Н, диаметре колес  $d_k = \underline{\hspace{1cm}}$  мм, ускорение для мостового крана  $a = \underline{\hspace{1cm}}$  м/с<sup>2</sup> и тормозном моменте  $M_T = \underline{\hspace{1cm}}$  Н·м.

Таблица 1.

Варианты заданий

№ варианта	Грузоподъемность, кг	Масса тележки, кг	Скорость тележки, м/с	Сопротивление от трения, Н	Сопротивление от уклона, Н	Диаметр колес, мм	Ускорение крана, м/с <sup>2</sup>	Тормозной момент, Н·м
1	5000	1400	0,5	900	100	200	0,3	12
2	8000	1600	0,45	1000	110	200	0,25	15
3	10000	2000	0,4	1200	130	220	0,2	20
4	12000	2000	0,4	1400	140	200	0,2	25
5	14000	2500	0,3	1500	150	250	0,2	30
6	15000	2500	0,2	1800	200	250	0,15	35

Статическая мощность:

$$N_{cm} = \frac{(W_{mp} + W_{ук}) \cdot V_T}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где  $W_{mp}$  – сопротивление от трения, Н;  
 $W_{ук}$  – сопротивление от уклона, Н;  
 $V_T$  – скорость тележки, м/с;  
 $\eta$  – общим КПД,  $\eta = 0,9$ .

2. Мощность для разгона:

$$N = \frac{0,66 \cdot (m_T + Q) \cdot V_T \cdot a}{1000 \cdot \eta} + \frac{N_{cm}}{1,75}, \text{ кВт} \quad (2)$$

где  $m_T$  – масса грузовой тележки, кг;  
 $Q$  – грузоподъемность мостового крана, кг;  
 $V_T$  – скорость тележки, м/с;  
 $a$  – ускорение мостового крана м/с<sup>2</sup>;  
 $\eta$  – общим КПД,  $\eta = 0,9$ ;  
 $N_{cm}$  – статическая мощность, кВт.

По приложению 5 выбирается электродвигатель, и записываем следующие данные.

Основные параметры электродвигателя:

- Тип двигателя – \_\_\_\_\_;
- Мощность  $N =$  \_\_\_\_\_ кВт;
- Число оборотов вала электродвигателя  $n_g =$  \_\_\_\_\_ мин<sup>-1</sup>;

3. Мощность сцепления приводных колес тележки без груза:

$$N_{сц} = \frac{10 \cdot f_{сц} \cdot \alpha \cdot m_T \cdot V_T}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (3)$$

где  $f_{сц}$  – коэффициент сцепления,  $f_{сц} = 0,2$ ;  
 $\alpha$  – отношение числа приводных колес к общему числу,  $\alpha = 0,5$ ;  
 $m_T$  – масса грузовой тележки, кг;

$V_T$  – скорость тележки, м/с;  
 $\eta$  – общим КПД,  $\eta = 0,9$ .

4. Число оборотов колес грузовой тележки:

$$n_{\kappa} = \frac{60 \cdot V_T}{\pi \cdot d_{\kappa}}, \text{ мин}^{-1} \quad (4)$$

где  $V_T$  – скорость тележки, м/с;  
 $d_{\kappa}$  – диаметре колес, м.

5. Передаточное число механизма передвижения грузовой тележки:

$$i = \frac{n_g}{n_{\kappa}}, \quad (5)$$

где  $n_g$  – число оборотов вала электродвигателя,  $\text{мин}^{-1}$ ;  
 $n_{\kappa}$  – число оборотов колес грузовой тележки,  $\text{мин}^{-1}$ .

По приложению 6 выбирается электродвигатель, и записываем следующие данные.

Основные параметры электродвигателя:

- Тип редуктора – \_\_\_\_\_;
- Номинальное передаточное число = \_\_\_\_\_;
- Номинальный вращающий момент на тихоходном валу = \_\_\_\_\_ Н · м;
- Номинальная радиальная нагрузка на выходном валу = \_\_\_\_\_ Н.

## Список литературы

Рогов, В. А. Технология машиностроения: учебник для среднего профессионального образования / В. А. Рогов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 351 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10932-0. — URL : <https://urait.ru/bcode/475997> 2.

Технологические процессы в машиностроении: учебник для среднего профессионального образования / А. А. Черепяхин, В. В. Клепиков, В. А. Кузнецов, В. Ф. Солдатов. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 218 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05994-6. — URL : <https://urait.ru/bcode/470948>

Черепяхин, А. А. Технология машиностроения. Обработка ответственных деталей : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Черепяхин, В. В. Клепиков, В. Ф. Солдатов. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 142 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-10117-1. — URL : <https://urait.ru/bcode/470951>

Родионова, О. М. Охрана труда: учебник для среднего профессионального образования / О. М. Родионова, Д. А. Семенов. — Москва: Издательство Юрайт, 2021. — 113 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09562-3. — URL : <https://urait.ru/bcode/470856>



## Приложение А

Расчетные сопротивления  $R_0$  пылевато-глинистых  
(непросадочных) грунтов

Пылевато-глинистые грунты	Коэффициент пористости, $e$	Значение $R_0$ , кПа, при показателе текучести грунта	
		$J_L = 0$	$J_L = 1$
Супеси	0,5	300	300
	0,7	250	200
Суглинки	0,5	300	250
	0,7	250	180
	1,0	200	100
Глины	0,5	600	400
	0,6	500	300
	0,8	300	200
	1,1	250	100
<b>Примечание:</b> Для промежуточных значений $J_L$ и $e$ значение расчетного сопротивления грунта $R_0$ определяется по интерполяции.			

## Приложение Б

Значения коэффициентов  $\gamma_{c1}$  и  $\gamma_{c2}$

Виды грунтов	Кэф- фициент $\gamma_{c1}$	Коэффициент $\gamma_{c2}$ для		
		многоэтажных зданий при отношении их длины к высоте $L/H$ , равном		одноэтажных каркасных промзданий
		4 и более	1,5 и менее	
Пески крупные и средней крупности	1,40	1,2	1,4	1,0
Пески мелкие	1,30	1,1	1,3	1,0
Пески пылеватые:				
маловлажные и влажные	1,25	1,0	1,2	1,0
насыщенные водой	1,10	1,0	1,2	1,0
Супеси, суглинки и глины при показателе текучести $J_L \leq 0,25$	1,25	1,0	1,1	1,0
То же, при $0,25 < J_L \leq 0,5$	1,20	1,0	1,1	1,0
То же, при $J_L > 0,5$	1,10	1,0	1,0	1,0
<b>Примечание:</b> При промежуточных значениях $L/H$ коэффициент $\gamma_{c2}$ определяется по интерполяции.				

## Приложение В

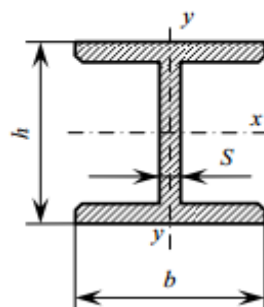
Коэффициент  $k_h$ , учитывающий влияние теплового режима сооружения на глубину сезонного промерзания грунтов

Особенности сооружения	Коэффициент $k_h$ при расчетной среднесуточной температуре воздуха в помещении, примыкающем к наружным фундаментам, °С				
	0	5	10	15	20 и более
Без подвала с полами, устраиваемыми:					
по грунту	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
на лагах по грунту	1,0	0,9	0,8	0,7	0,6
по утепленному цокольному перекрытию	1,0	1,0	0,9	0,8	0,7
С подвалом или техническим подпольем	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4
<p><b>Примечания:</b> 1. Приведенные в таблице значения коэффициента <math>k_h</math> относятся к фундаментам, у которых расстояние от внешней грани стены до края фундамента <math>a_f &lt; 0,5</math> м; если <math>a_f \geq 1,5</math> м, значения коэффициента <math>k_h</math> повышают на 0,1, но не более чем до значения <math>k_h = 1</math>; при промежуточном значении <math>a_f</math> значения коэффициента <math>k_h</math> определяют интерполяцией.</p> <p>2. К помещениям, примыкающим к наружным фундаментам, относятся подвалы и технические подполья, а при их отсутствии - помещения первого этажа.</p> <p>3. При промежуточных значениях температуры воздуха коэффициент <math>k_h</math> принимают с округлением до ближайшего меньшего значения, указанного в таблице.</p>					

## Приложение Г

### Значения момента сопротивления

Балки двутавровые



Номер балки	Размеры, мм			Площадь сечения $F^A$ , см <sup>2</sup>	Масса 1 м $g^A$ , кг	Справочные величины для осей					
	$h$	$b$	$S$			$x - x$			$y - y$		
						$I_x^A$ , см <sup>4</sup>	$W_x^A$ , см <sup>3</sup>	$r_x^A$ , см	$I_y^A$ , см <sup>4</sup>	$W_y^A$ , см <sup>3</sup>	$r_y^A$ , см
10	100	55	4,5	12,0	9,46	198	39,7	4,06	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	14,7	11,50	350	58,4	4,88	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	17,4	13,70	572	81,7	5,73	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	20,2	15,90	873	109,0	6,57	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	82,6	18,40	1,88
18a	180	100	5,1	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	114,0	22,80	2,12
20	200	100	5,2	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	115,0	23,10	2,07
20a	200	110	5,2	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	155,0	28,20	2,32
22	220	110	5,4	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	157,0	28,60	2,27
22a	220	120	5,4	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	206,0	34,30	2,50
24	240	120	5,6	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	198,0	34,50	2,37
24a	240	125	5,6	37,5	29,40	3800	317,0	10,10	260,0	41,60	2,63
27	270	125	6,0	40,2	31,5	5010	371,0	11,20	260,0	41,60	2,54
27a	270	135	6,0	43,2	33,90	5500	407,0	11,30	337,0	50,00	2,80
30	300	135	6,5	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	337,0	49,90	2,69
30a	300	145	6,5	49,9	39,20	7780	518,0	12,50	436,0	60,10	2,95
33	330	140	7,0	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	808,0	101,0	3,09
50	500	170	10,0	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	138,0	108,00	76806	2560,0	23,60	1725,0	182,0	3,54

## Приложение Д

Основные параметры крановых электродвигателей переменного тока с короткозамкнутым ротором серии МТК

Тип электро- двигателя	ПВ = 15 %		ПВ = 25 %		ПВ = 40 %		Мак- си- маль- ный мо- мент, Н·м	Махо- вый мо- мент ротора, кг·м <sup>2</sup>
	<i>N</i> , кВт	<i>n<sub>g1</sub></i> , мин <sup>-1</sup>	<i>N</i> , кВт	<i>n<sub>g1</sub></i> , мин <sup>-1</sup>	<i>N</i> , кВт	<i>n<sub>g1</sub></i> , мин <sup>-1</sup>		
МТКФ 011-6	2,0	780	1,7	835	1,4	875	41	0,08
МТКФ 012-6	3,1	785	2,7	835	2,2	880	66	0,11
МТКФ 111-6	4,5	825	4,1	850	3,5	885	103	0,18
МТКФ 112-6	6,5	845	5,8	870	5,0	895	172	0,26
МТКФ 211-6	10,5	800	9,0	840	7,5	880	216	0,44
МТКФ 311-6	14,0	880	13,0	895	11,0	910	382	0,85
МТКФ 312-6	19,5	900	17,5	915	15,0	930	589	1,20
МТКФ 411-6	30,0	905	27,0	915	22,0	935	765	1,90
МТКФ 412-6	40,0	910	36,0	920	30,0	935	981	2,55
МТКФ 311-8	10,5	660	9,0	670	7,5	690	324	1,10
МТКФ 312-8	15,0	675	13,0	690	11,0	700	500	1,55

## Приложение Е

Характеристика цилиндрических горизонтальных редукто-  
ров

Тип ре- дуктора			Номи- нальное пере- даточное чис- ло	Номинальный вращающий момент на тихоходном валу, Н · м	Номинальная радиальная нагрузка на выходном валу, Н
100	Щ2У	-	10	315	4500
125	Щ2У	-	12,5	630	6300
160	Щ2У	-	16	1250	9000
200	Щ2У	-	20	2500	12500
250	Щ2У	-	25	5000	18000
315Н	Щ2У	—	31,5	7500	22400
400Н	Щ2У	—	40	14600	31500
500Н	Щ2У	—	50	20000	42300
600Н	Щ2У	—	60	28200	49600