

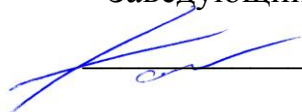
МИНОБРНАУКИ РОССИИ

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

Институт горного дела и строительства  
Кафедра «Городское строительство, архитектура и дизайн»

Утверждено на заседании кафедры ГСАиД  
«17» 01 2023 г., протокол № 6

Заведующий кафедрой ГСАиД

 К.А. Головин

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ**  
по дисциплине (модулю)  
*«Конструкторское сопровождение дизайн-проекта»*

**основной профессиональной образовательной программы**  
высшего образования – программы бакалавриата

по направлению подготовки  
54.03.01 Дизайн  
с направленностью (профилем)  
дизайн

Форма обучения: очно-заочная

Идентификационный номер образовательной программы: 540301-04-23


Тула – 2023

**Разработчик(и) методических указаний**

Кошелева Алла Александровна, проф. каф. ГСАиД, д-р техн. наук, доц.

---

*(ФИО, должность, ученая степень, ученое звание)*



---

*(подпись)*

## **1. Цели и задачи работы:**

Самостоятельная работа направлена на формирование умений, навыков, компетенций, в том числе:

- стремления к саморазвитию, повышению своей квалификации и мастерства;
- осознание сущности и значения информации в развитии современного общества; овладение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации;
- формированию способности синтезировать набор возможных решений задачи или подходов к выполнению дизайн-проекта; научно обосновать свои предложения;
- разрабатывать проектную идею, основанную на концептуальном, подходе к решению дизайнерской задачи,
- способности к конструированию предметов, товаров, промышленных образцов, коллекций, комплексов, сооружений, объектов, способностей подготовить полный набор документации по дизайн-проекту для его реализации, осуществлять основные экономические расчеты проекта.

## **2. Общие положения**

Одна из особенностей подготовки в высшей школе - ее связь с жизнью, с конкретными задачами будущей практической деятельности. Перед кафедрой стоит задача подготовки высококвалифицированных кадров, обладающих глубокими теоретическими знаниями и практическими навыками по направлению «Дизайн», способных на практике использовать новейшие достижения для совершенствования существующих и разработки новых изделий и комплексов.

В свете указанных требований при изучении профессиональных дисциплин кафедры для закрепления теоретических знаний и привития студентам навыков в работе по направлению «Дизайн» предусмотрены различные виды самостоятельных занятий. Самостоятельные и практические занятия связывают теорию с практикой и обеспечивают выработку умения и навыков в применении полученных студентами знаний в процессе будущей профессиональной деятельности.

Применительно к задачам подготовки бакалавров по направлению «Дизайн» самостоятельная работа студентов включает систематическую проработку рекомендованной литера-

туры; подготовку к практическим занятиям, зачетам и экзаменам; выполнение текущих домашних заданий; участие в учебно-исследовательских и научно-исследовательских работах.

На практических занятиях преподаватель осуществляет контроль за самостоятельной работой студентов.

Самостоятельное выполнение студентами разнообразных практических учебных заданий стимулирует их творческую деятельность, закрепляет теоретические положения изучаемой дисциплины и вырабатывает у студентов навыки практической работы по профилю «Промышленный дизайн».

### 3. Объем работы

Самостоятельная работа студентов предусматривает:

#### **Очно-заочная форма обучения**

№ п/п	Виды и формы самостоятельной работы
<i>5 семестр</i>	
1	Изучение дополнительного материала
2	Подготовка реферата. Тема: Привод (по видам)
3	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение
<i>6 семестр</i>	
1	Чтение литературы
2	Написание реферата. Тема: Типовые конструкторские решения (на примере мебели, транспортных средств, бытовых приборов). Эволюция формы.
3	Написание реферата. Тема: «Инновационные конструкторские решения». Презентация по теме.
4	Выполнение курсовой работы
5	Подготовка к промежуточной аттестации и ее прохождение

### 4. Организация и руководство самостоятельной работой студентов

Самостоятельная работа студентов над учебным материалом на кафедре проводится систематически, планомерно. Этого достигается рациональной организацией и правильным руководством преподавательского состава кафедры самостоятельной работой студентов.

Перед началом самостоятельной работы преподаватели проводят консультативные занятия со студентами, на которых даются специальные пояснения; характеризуется наиболее рациональная методика ее выполнения; определяются требования; указываются источники и учебные пособия; демонстрируются ранее выполненные студентами работы.

Контроль текущей успеваемости обеспечивается:

- применением тестовых заданий;
- просмотром конспектов;
- опросом студентов на занятиях.

Преподаватели обязаны:

- постоянно совершенствовать организацию и руководство самостоятельной работой студентов;
- вести систематический контроль за самостоятельной работой студентов;
- разрабатывать наиболее эффективные средства, стимулирующие и обеспечивающие систематическую самостоятельную работу студентов на протяжении всего периода обучения.

## **5. Темы рефератов**

Примерные темы рефератов приведены ниже.

5 семестр

### **Привод**

1. Гидропривод
2. Пневмопривод
3. Электрический привод
4. Оптический привод.
5. Акустический принцип работы
6. Электромеханический привод
7. Гибридный привод

6 семестр

**Типовые конструкторские решения (на примере мебели, транспортных средств, бытовых приборов). Эволюция формы.**

1. Монолитные конструкции
2. Решетчатые конструкции
3. Каркасная мебель,
4. Рамные конструкции.
5. Кожух
6. Корпусная мебель,
7. Футляры
8. Консольные конструкции
9. Трансформирующиеся (кинетические) конструкции.
10. Модульные конструкции
11. Агрегатно-блочные конструкции,
12. Вариантно-комбинаторные конструкции.
13. Рамные конструкции.
14. Оболочковые конструкции.

## **«Инновационные конструкторские решения».**

1. Инновационные конструкторские решения в мебели
2. Инновационные конструкторские решения в транспорте
3. Инновационные конструкторские решения в медицинском оборудовании
4. Инновационные конструкторские решения в осветительных приборах
5. Инновационные конструкторские решения в бытовой технике
6. Инновационные конструкторские решения в компьютерной технике
7. Инновационные конструкторские решения в оптике
8. Инновационные конструкторские решения в канцелярских изделиях.

## **6. Темы для подготовки к практическим занятиям и аттестационным мероприятиям**

5 семестр

### **1. ЗАДАЧИ И МЕТОДЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ**

- 1.1. Задачи конструирования. Достижения научно-технического прогресса и перспективы его развития. Место конструирования в дизайн-процессе. Терминология.
- 1.2. Общая методика конструирования. Этапы конструирования. Стадии разработки КД
- 1.3. Функция и конструкция. Форма и конструкция.
- 1.4. Типовые конструкторские решения.
- 1.5. ЕСКД. Виды и комплектность конструкторской документации. Основы использования нормативного и справочного материалов.

### **2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ**

- 2.1. Машина. Механизм.
- 2.2. Структура механизмов. Звенья механизмов. Степени свободы
- 2.3. Кинематическая пара. Кинематическая цепь
- 2.4. Конструктивная схема. Рациональность общей компоновки
- 2.5. Функциональный анализ, компоновка (аналитическое комбинирование).

### **3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ**

- 3.1. Привод. Источник энергии.
- 3.2. Принцип действия машин и механизмов (механический, гидравлический, пневматический, электрический, электронные (радио) и фотоэлектронные аппараты; магнитный принцип действия, термический, оптический, акустический).
- 3.3. Силы в машинах.
- 3.4. КПД.
- 3.5. Уравновешивание и балансировка
- 3.6. Эксплуатация (ручное обслуживание; механизация; автоматизация).

### **1. ВИДЫ МЕХАНИЗМОВ.**

- 1.1. Рычажные механизмы.
- 1.2. Кулачковые механизмы.
- 1.3. Фрикционные механизмы.
- 1.4. Зубчатые (цилиндрические, винтовые, конические) механизмы.

- 1.5. Червячные механизмы.
- 1.6. Планетарные механизмы.
- 1.7. Механизмы с гибкими звеньями (ременные, цепные) механизмы.
- 1.8. Механизмы движения с остановками (храповые; мальтийские; звездчатые) механизмы.

## 2. ОСНОВЫ СОПРОТИВЛЕНИЯ МАТЕРИАЛОВ

- 2.1. Прочность. Жесткость. Устойчивость.
- 2.2. Виды деформаций.
- 2.3. Критерии прочности. Расчет на прочность и жесткость
- 2.4. Растяжение и сжатие.
- 2.5. Сдвиг.
- 2.6. Кручение.
- 2.7. Изгиб стержней
- 2.8. Основы механики разрушения.

## 3. РАСЧЕТ ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ПРИБОРОВ

- 3.1. Некоторые виды деталей и узлов.
- 3.2. Неразъемные соединения.
  - Соединение заклепками.
  - Соединение гибкой.
  - Сварные соединения.
  - Соединения с предварительным натягом.
  - Пайка.
  - Клеевые соединения.
  - Соединение замазкой.
  - Заформовка.
- 3.3. Разъемные соединения.
  - Резьбовые соединения
  - Шпоночные и шлицевые соединения.
  - Зубчатые (шлицевые соединения)
  - Штифтовые соединения.
  - Крепежные изделия ( болты, шурупы, шпильки).
- 3.4. Валы и оси. Расчет на прочность, жесткость.
- 3.5. Опоры .
  - Подшипники скольжения
  - Опоры на центрах
  - Подшипники качения.
  - Направляющие.
  - Смазка опор и направляющих
  - Уплотнения
- 3.6. Муфты.
- 3.7. Упругие элементы (пружины).
- 3.8. Редукторы
- 3.9. Стандартные детали.
- 3.10. Кнопки, рукоятки, таблички для приборов.
- 3.11. Условные знаки на приборах.

6 семестр

## 1. ТИПОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИЙ

### 1.1. Классификация механизмов и конструкций. Основные типы конструкций

#### 1.1.1. Основные типы пространственной структуры конструкций.

- с пространственной схемой (монолитные и решетчатые)
- с обособленным объемом (каркасные, кожух, корпус, футляр)
- смешанного типа

#### 1.1.2. Специфические типы конструкций - консольные, трансформирующиеся (кинетические), модульные (агрегатно-блочные, вариантно-комбинаторные), мобильные и др.

### 1.2. Типы конструкций и соединений.

#### 1.2.1. Разъемные (сборно-разборные) и неразъемные.

#### 1.2.2. Составные (наборные, сварные, клеевые, клепанные) и монолитные (литые);

#### 1.2.3. Статичные и кинетичные (трансформируемые);

#### 1.2.4. Каркасные (в т.ч. рамные);

#### 1.2.5. Оболочковые (в т.ч. щитовые, панельные, сводчатые и заполненные силовыми пространственными решетками с элементами поперечными - нервюрами, штангоутами и продольными лонжеронами, стрингерами);

#### 1.2.6. Закрытые, открытые и полукрытые;

#### 1.2.7. Автономные, блокированные;

#### 1.2.8. Стационарные, мобильные и портативные;

#### 1.2.9. Тяжелые (материалоемкие) и облегченные, мало-, средне- и крупногабаритные.

## 2. БАЗОВЫЕ ПРИНЦИПЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ

### 2.1. Рациональные приемы конструирования.

### 2.2. Общие правила конструирования

### 2.3. Экономические основы конструирования.

### 2.4. Долговечность.

### 2.5. Надежность

### 2.6. Стандартизация и взаимозаменяемость.

### 2.7. Унификация.

### 2.8. Агрегатирование.

### 2.9. Моноблочное и модульное конструирование.

### 2.10. Универсализация.

### 2.11. Ряды предпочтительных чисел.

### 2.12. Принцип функциональной целесообразности.

### 2.13. Моральное старение.

### 2.14. Критерии качества. Аттестация изделий.

### 2.15. Нормализация.

### 2.16. Материалы и технология. Технологичность конструкций. Общие правила технологического формообразования. Рациональный выбор баз. Правильная постановка размеров. Допуски и посадки. Шероховатость. Малая материалоемкость.

### 2.17. Компактность.

### 2.18. Поиск формы. Форма. Технологическая форма. Автономность формы. Структурность формы.

### 2.19. Тектоника.

### 2.20. Прочность, Пространственная жесткость. Способы повышения жесткости.

### 2.21. Ремонтпригодность, удобство монтажа.

### 2.22. Безопасность, охрана труда (в т.ч. заземление и т.д.).

### 2.23. САПР.



#### 4. ПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ. ИЗОБРЕТАТЕЛЬСТВО. МЕТОДЫ ПОИСКА ИДЕЙ

4.1. Традиционный расчетный метод.

4.2. Уровни конструкторского мышления.

4.3. Психология конструкторской деятельности.

4.4. Методы поиска идей.

4.5. Некоторые методы конструирования:

- метод секционирования;
- метод изменения линейных размеров;
- метод базового агрегата;
- метод инверсии;
- метод комплексной разработки и иерархизации
- методы вариантного поиска конструктивных решений и их наглядного моделирования;
- упорядоченный поиск.

#### 7. Материалы для дополнительного чтения

##### МАШИНЫ И МЕХАНИЗМЫ

Машины и механизмы - это механические устройства, облегчающие труд и повышающие его производительность. Машины могут быть разной степени сложности - от простой одноколесной тачки до лифтов, автомобилей, печатных, текстильных, вычислительных машин. Энергетические машины преобразуют один вид энергии в другой. Например, генераторы гидроэлектростанции преобразуют механическую энергию падающей воды в электрическую энергию. Двигатель внутреннего сгорания преобразует химическую энергию бензина в тепловую, а затем в механическую энергию движения автомобиля.

Так называемые *рабочие машины* преобразуют свойства или состояние материалов (металлорежущие станки, транспортные машины) либо информацию (вычислительные машины). Машины состоят из механизмов (двигательного, передаточного и исполнительного) - многозвенных устройств, передающих и преобразующих силу и движение. Простой механизм, называемый полиспастом, увеличивает силу, приложенную к грузу, и за счет этого позволяет вручную поднимать тяжелые предметы. Другие механизмы облегчают работу, увеличивая скорость. Так, велосипедная цепь, входящая в зацепление со звездочкой, преобразует медленное вращение педалей в быстрое вращение заднего колеса. Однако механизмы, увеличивающие скорость, делают это за счет уменьшения силы, а увеличивающие силу - за счет уменьшения скорости. Увеличить одновременно и скорость и силу невозможно. Механизмы могут также просто изменять направление силы. Пример - блок на конце флагштока: чтобы поднять флаг, тянут за шнур вниз. Изменение направления может сочетаться с увеличением силы или скорости. Так, тяжелый груз можно приподнять, нажимая на рычаг вниз.

##### ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ

**Основной закон.** Хотя механизмы и позволяют получить выигрыш в силе или скорости, возможности такого выигрыша ограничиваются законом сохранения энергии. В применении к машинам и механизмам он гласит: энергия не может ни возникнуть, ни исчезнуть, она может быть лишь преобразована в другие виды энергии или в работу. Поэтому на выходе машины или механизма не может оказаться больше энергии, чем на входе. К тому же в реальных машинах часть энергии теряется из-за трения. Поскольку работа может быть превращена в энергию и наоборот, закон сохранения энергии для машин и механизмов можно запи-

сать в виде Работа на входе = Работа на выходе + Потери на трение. Отсюда видно, в частности, почему невозможна машина типа вечного двигателя: из-за неизбежных потерь энергии на трение она рано или поздно остановится.

**Выигрыш в силе или скорости.** Механизмы, как указывалось выше, могут применяться для увеличения силы или скорости. Идеальный, или теоретический, выигрыш в силе или скорости - это коэффициент увеличения силы или скорости, который был бы возможен в отсутствие потерь энергии, обусловленных трением. Идеальный выигрыш на практике недостижим. Реальный выигрыш, например в силе, равен отношению силы (называемой нагрузкой), которую развивает механизм, к силе (называемой усилием), которая прикладывается к механизму.

### ПРОСТЕЙШИЕ МЕХАНИЗМЫ

Простейшие механизмы можно найти почти в любых более сложных машинах и механизмах. Их всего шесть: рычаг, блок, дифференциальный ворот, наклонная плоскость, клин и винт.

**Рычаг.** Это жесткий стержень, который может свободно поворачиваться относительно неподвижной точки, называемой точкой опоры. Примером рычага могут служить лом, молоток с расщепом, тачка, метла. Рычаги бывают трех родов, различающихся взаимным расположением точек приложения нагрузки и усилия и точки опоры (рис. 1). Идеальный выигрыш в силе рычага равен отношению расстояния  $DE$  от точки приложения усилия до точки опоры к расстоянию  $DL$  от точки приложения нагрузки до точки опоры. Для рычага I рода расстояние  $DE$  обычно больше  $DL$ , а поэтому идеальный выигрыш в силе больше 1. Для рычага II рода идеальный выигрыш в силе тоже больше единицы. Что же касается рычага III рода, то величина  $DE$  для него меньше  $DL$ , а стало быть, больше единицы выигрыш в скорости.

**Блок.** Это колесо с желобом по окружности для каната или цепи. Блоки применяются в грузоподъемных устройствах. Система блоков и тросов, предназначенная для повышения грузоподъ-

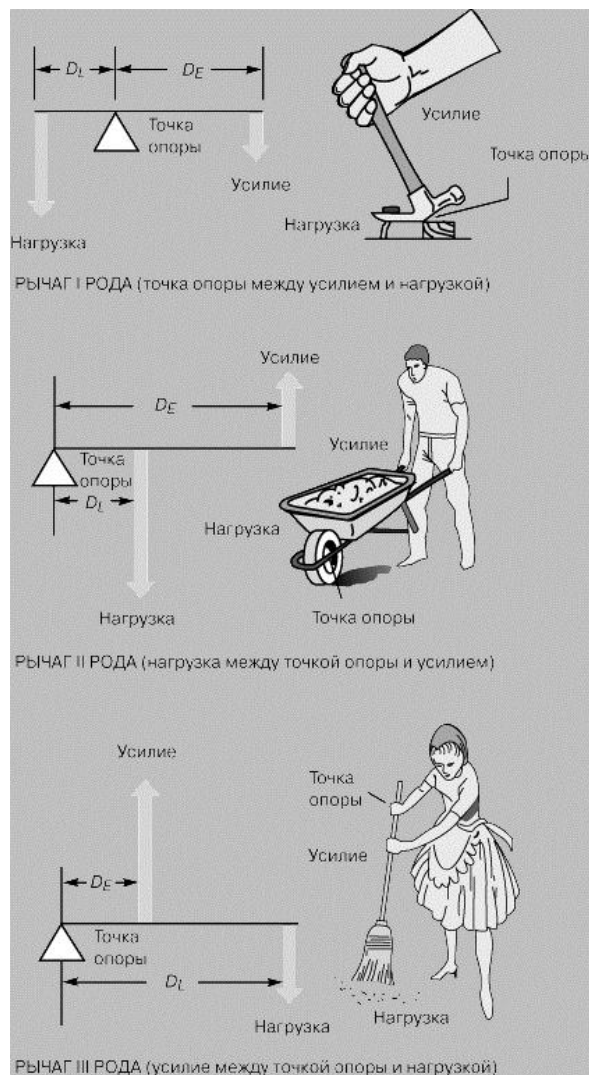


Рис.1 РЫЧАГИ I, II И III РОДА

емности, называется полиспастом. Одиночный блок может быть либо с закрепленной осью (уравнительным), либо подвижным (рис. 2). Блок с закрепленной осью действует как рычаг I рода с точкой опоры на его оси. Поскольку плечо усилия равно плечу нагрузки (радиус блока), идеальный выигрыш в силе и скорости равен 1. Подвижный же блок действует как рычаг II рода, поскольку нагрузка расположена между точкой опоры и усилием. Плечо нагрузки (радиус блока) вдвое меньше плеча усилия (диаметр блока). Поэтому для подвижного блока идеальный выигрыш в силе равен 2.

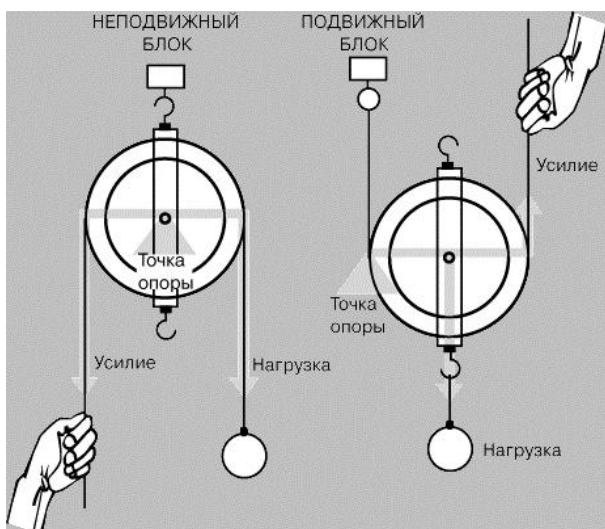


Рис. 2. БЛОК может быть закрепленным (уравнительным) или подвижным. Уравнительный блок действует как рычаг I рода, а подвижный - как рычаг II рода.

Более простой способ определения идеального выигрыша в силе для блока или системы блоков - по числу параллельных концов каната, удерживающих нагрузку, как это нетрудно сообразить, взглянув на рис. 3. Уравнительные и подвижные блоки можно сочетать по-разному для увеличения выигрыша в силе. В одной обойме можно установить два, три или большее число блоков, а конец троса можно прикрепить либо к неподвижной, либо к подвижной обойме.

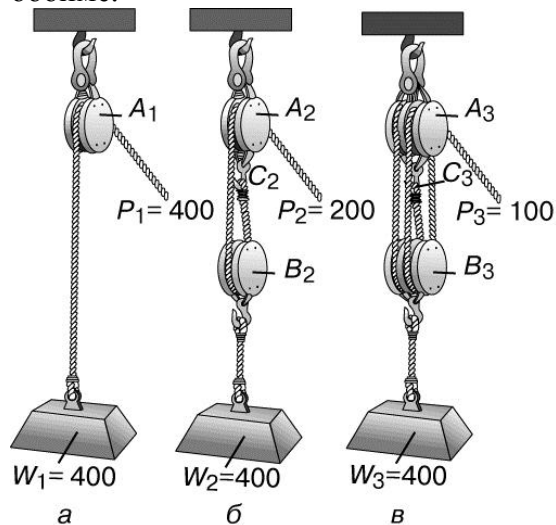


Рис.3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ БЛОКА И ПОЛИСПАСТА. а - одиночный блок (с одним тросом, протянутым по желобу единственного шкива); б - комбинация из двух одиночных блоков с единым тросом, охватывающим оба шкива; в - пара двухжелобковых блоков, по четырем спаренным желобам которых проходит единый трос.

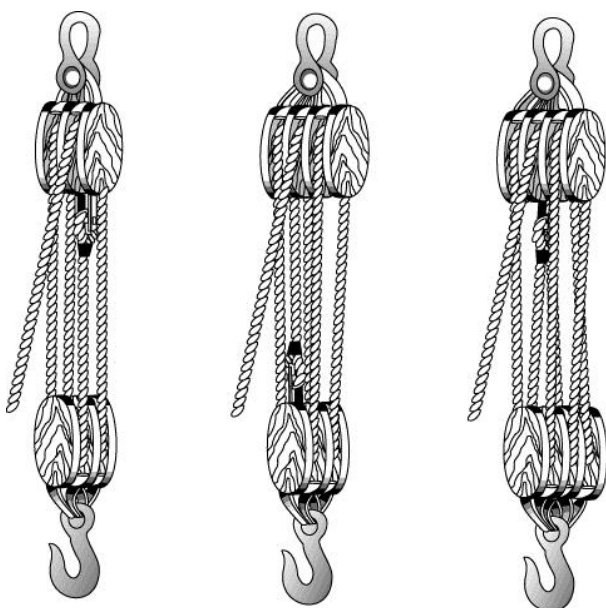


Рис. 4. ПОЛИСПАСТЫ с различными комбинациями блоков трех типов: слева - пара двойных блоков; в центре - тройной блок с двойным; справа - пара тройных блоков. В тройном блоке конец троса, к которому прилагается тяговое усилие, проходит через центральный желоб; при этом нижний - подвижный - блок крепится коушем так, что его ось перпендикулярна оси верхнего - неподвижного - блока.

**Дифференциальный ворот.** Это, в сущности, два колеса, соединенные вместе и вращающиеся вокруг одной оси (рис. 5), например, колодезный ворот с ручкой.

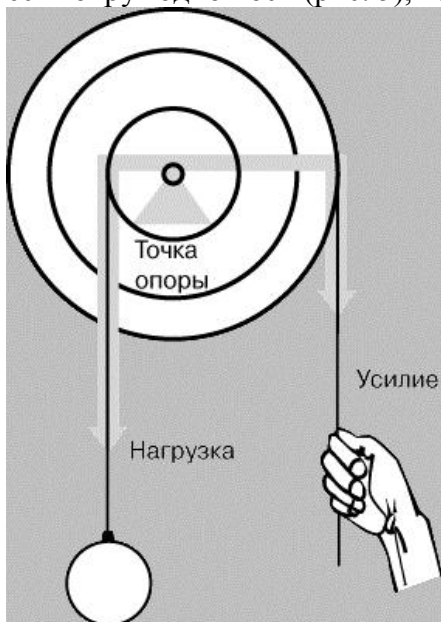


Рис 5. ВОРОТ, действующий как рычаг I рода, представляет собой, в сущности, два скрепленных вместе колеса, вращающихся вокруг общей оси.

Дифференциальный ворот может давать выигрыш как в силе, так и в скорости. Это зависит от того, где прилагается усилие, а где - нагрузка, поскольку он действует как рычаг I рода. Точка опоры расположена на закрепленной (фиксированной) оси, а поэтому плечи усилия и нагрузки равны радиусам соответствующих колес. Пример такого устройства для выигрыша в силе - отвертка, а для выигрыша в скорости - шлифовальный круг.

**Зубчатые колеса.** Система двух находящихся в зацеплении зубчатых колес, сидящих на валах одинакового диаметра (рис. 6), в какой-то мере аналогична дифференциальному вороту. Скорость вращения колес обратно пропорциональна их диаметру. Если малая ведущая шестерня А (к которой приложено усилие) по диаметру вдвое меньше большего зубчатого колеса В, то она должна вращаться вдвое быстрее. Таким образом, выигрыш в силе такой зубчатой передачи равен 2. Но если точки приложения усилия и нагрузки поменять местами, так что колесо В станет ведущим, то выигрыш в силе будет равен  $1/2$ , а выигрыш в скорости - 2.

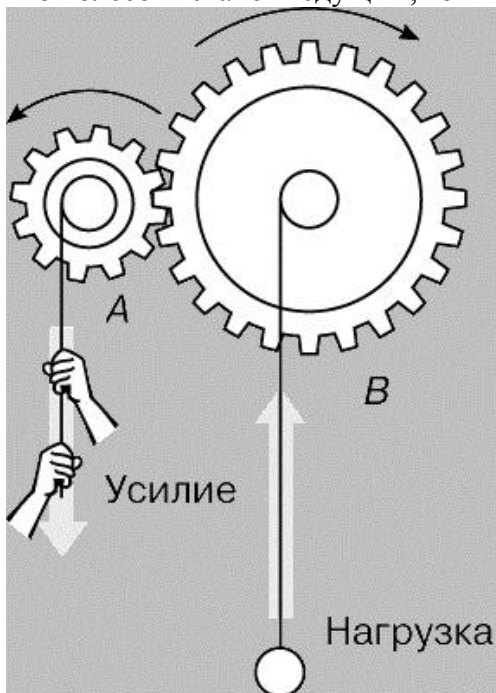
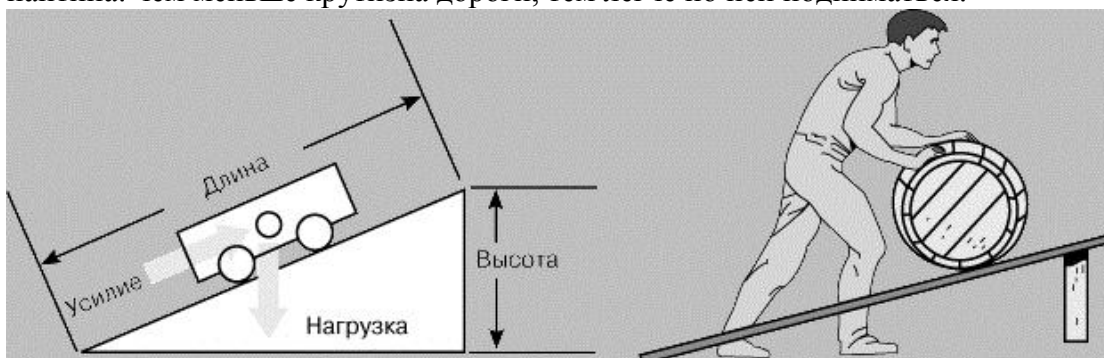


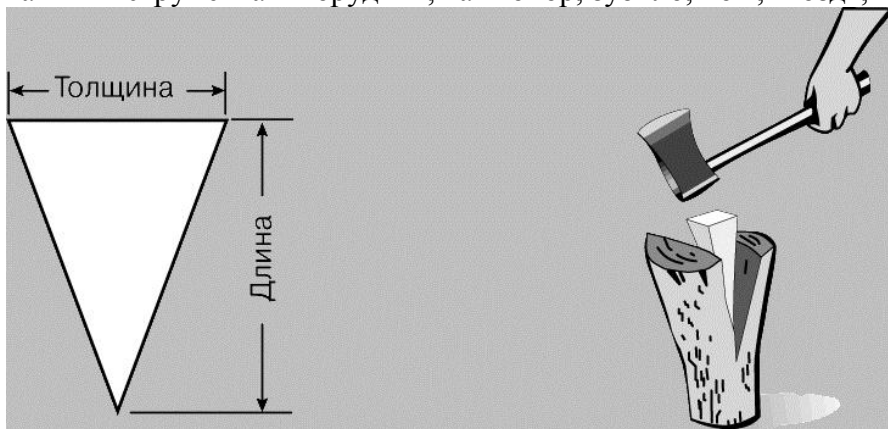
Рис. 6. ЗУБЧАТЫЕ КОЛЕСА, действующие в принципе так же, как и ворот, могут давать как выигрыш в силе, так и выигрыш в скорости.

**Наклонная плоскость.** Наклонная плоскость применяется для перемещения тяжелых предметов на более высокий уровень без их непосредственного поднятия. К таким устройствам относятся пандусы, эскалаторы, обычные лестницы, а также конвейеры (с роликами для уменьшения трения). Идеальный выигрыш в силе, обеспечиваемый наклонной плоскостью (рис. 7), равен отношению расстояния, на которое перемещается нагрузка, к расстоянию, проходимому точкой приложения усилия. Первое есть длина наклонной плоскости, а второе - высота, на которую поднимается груз. Поскольку гипотенуза больше катета, наклонная плоскость всегда дает выигрыш в силе. Выигрыш тем больше, чем меньше наклон плоскости. Этим объясняется то, что горные автомобильные и железные дороги имеют вид серпантина: чем меньше крутизна дороги, тем легче по ней подниматься.



*Рис.7. НАКЛОННАЯ ПЛОСКОСТЬ дает выигрыш в силе, равный (в идеале) отношению длины к высоте.*

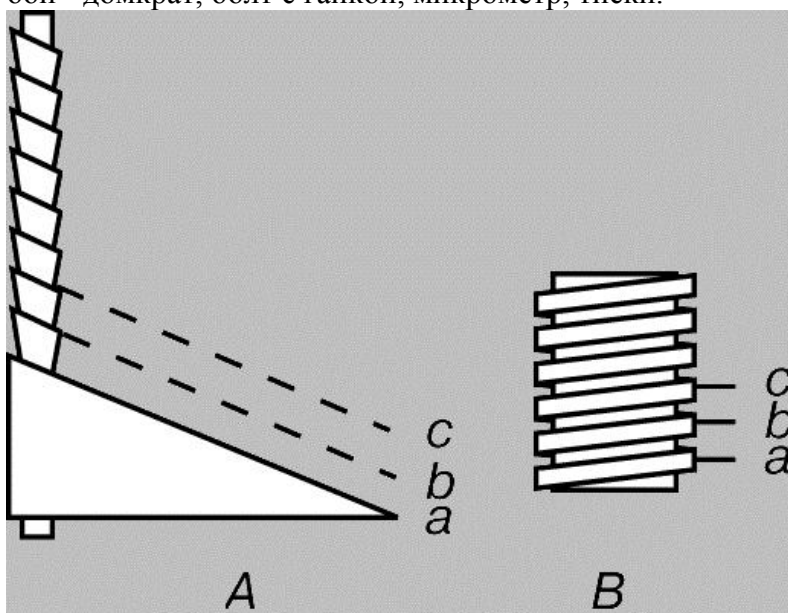
**Клин.** Это, в сущности, сдвоенная наклонная плоскость (рис. 8). Главное его отличие от наклонной плоскости в том, что она обычно неподвижна, и груз под действием усилия движется по ней, а клин вгоняют под нагрузку или в нагрузку. Принцип клина используется в таких инструментах и орудиях, как топор, зубило, нож, гвоздь, швейная игла.



*Рис.8. КЛИН - как бы сдвоенная наклонная плоскость. Идеальный выигрыш в силе равен отношению длины клина к толщине на тупом конце.*

Идеальный выигрыш в силе, даваемый клином, равен отношению его длины к толщине на тупом конце. Реальный выигрыш клина, в отличие от других простейших механизмов, трудно определить. Сопротивление, встречаемое им, непредсказуемо меняется для разных участков его "щек". Из-за большого трения его КПД столь мал, что идеальный выигрыш не имеет особого значения.

**Винт.** Резьба винта (рис. 9) - это, в сущности, наклонная плоскость, многократно обернутая вокруг цилиндра. В зависимости от направления подъема наклонной плоскости винтовая резьба может быть левой (А) или правой (В). Сопрягающаяся деталь, естественно, должна иметь резьбу такого же направления. Примеры простых устройств с винтовой резьбой - домкрат, болт с гайкой, микрометр, тиски.

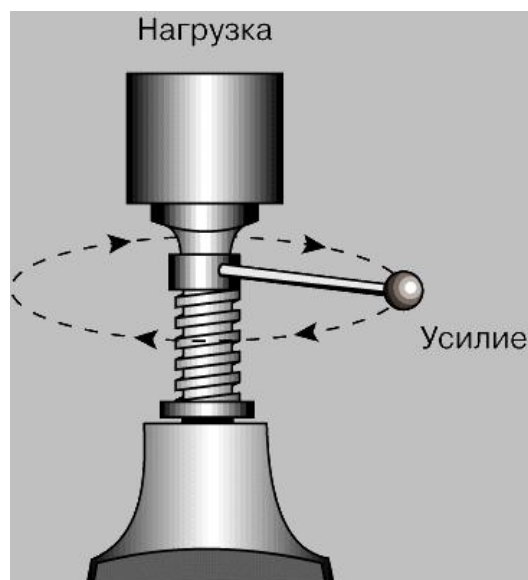


*Рис.9. ВИНТ с прямоугольной резьбой - по существу, наклонная плоскость, многократно обернутая вокруг цилиндра. А - левая, В - правая резьба.*

Поскольку резьба - наклонная плоскость, она всегда дает выигрыш в силе. Идеальный выигрыш равен отношению расстояния, проходимого точкой приложения усилия за один оборот винта (длины окружности), к расстоянию, проходимому при этом нагрузкой по оси винта. За один оборот нагрузка перемещается на расстояние между двумя соседними витками резьбы (а и б или б и с на рис. 9), которое называется шагом резьбы. Шаг резьбы обычно значительно меньше ее диаметра, так как иначе слишком велико трение.

## КОМБИНИРОВАННЫЕ МЕХАНИЗМЫ

Комбинированный механизм состоит из двух или большего числа простых. Это не обязательно сложное устройство; многие довольно простые механизмы тоже можно считать комбинированными. Например, в мясорубке имеются ворот (ручка), винт (проталкивающий мясо) и клин (нож-резак). Стрелки наручных часов поворачиваются системой зубчатых колес разного диаметра, находящихся в зацеплении друг с другом. Один из наиболее известных несложных комбинированных механизмов - домкрат. Домкрат (рис. 10) представляет собой комбинацию винта и ворота. Головка винта подпирает нагрузку, а другой его конец входит в резьбовую опору. Усилие прилагается к рукоятке, закрепленной в головке винта. Таким образом, расстояние усилия равно длине окружности, описываемой концом ручки. Длина окружности дается выражением  $2\pi r$ , где  $\pi = 3,14159$ , а  $r$  - радиус окружности, т.е. в данном случае длина ручки. Очевидно, что чем длиннее ручка, тем больше идеальный выигрыш в силе. Расстояние, проходимое нагрузкой за один оборот ручки, равно шагу резьбы. В идеале можно получить очень большой выигрыш в силе, если длинную ручку сочетать с малым шагом резьбы. Поэтому несмотря на малый КПД домкрата (около 25%) он дает большой реальный выигрыш в силе.



*Рис.10. ДОМКРАТ - пример несложного комбинированного механизма (сочетание винта и ворота).*

Выигрыш в силе, создаваемый комбинированным механизмом, равен произведению выигрышей отдельных механизмов, входящих в его состав. Так, идеальный выигрыш в силе (ИВС) для домкрата равен отношению длины окружности, описываемой ручкой, к шагу резьбы.

бы. Для входящего в состав домкрата ворота ИВС равен отношению длины окружности, описываемой ручкой (расстояние усилия), к длине окружности винта (расстояние нагрузки). Для винта домкрата ИВС равен отношению длины окружности винта (расстояния усилия) к шагу резьбы винта (расстоянию нагрузки). Перемножая ИВС отдельных механизмов домкрата, получаем для комбинированного механизма ИВС = (Окружность ручки/Окружность винта) \* (Окружность винта/Шаг резьбы) = (Окружность ручки/Шаг резьбы). Для более сложных комбинированных механизмов вычислить ИВС труднее. Поэтому для них обычно указывают лишь реальный выигрыш.

### Задание

1. На концах невесомого рычага действуют силы 40 и 240 Н. Расстояние от точки опоры до меньшей силы равно 6 см. Определите длину рычага, если рычаг находится в равновесии.
2. На концах рычага действуют силы 2 и 18 Н. Длина рычага равна 1 м. Где находится точка опоры, если рычаг в равновесии? (Весом рычага пренебречь.)
3. Подобрать реальные механизмы с механическим приводом. Разобраться с принципом работы. Составить расчетную схему. Выполнить технический рисунок.

### Вопросы для самоконтроля

1. Какой механизм называется комбинированным?
2. Дать определение «дифференциальный ворот»
3. Какой привод называется механическим?
4. Какой привод называется гидравлическим?
5. Какой привод называется пневматическим?
6. Какой привод называется гидро-механическим?
7. Что называют рычагом 1-го рода?
8. По каким признакам классифицируют род рычага?

## Гидропривод

### Проектирование простейшего гидропривода

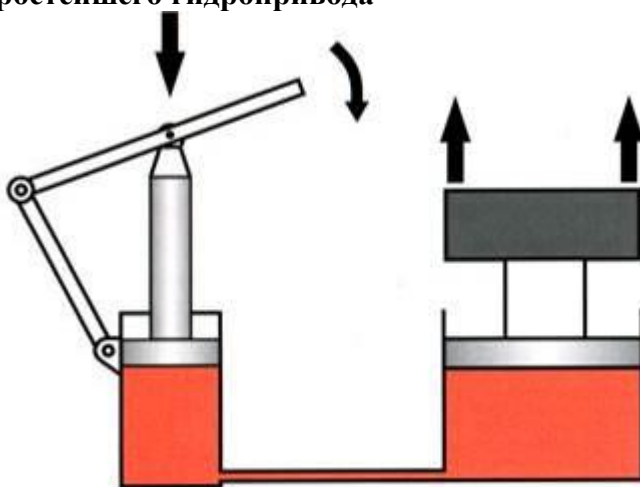


Рис 5. Принцип работы гидропривода

На поршень ручного насоса действует сила (Рис 5). В результате действия этой силы на площадь поршня возникает давление ( $p = F/A$ ).



Чем сильнее давят на поршень, тем выше становится давление.

Однако давление повышается только до того уровня, при котором оно способно преодолеть сопротивление нагрузки с учетом рабочей площади **гидроцилиндра** ( $F = p \cdot A$ ).

После этого давление более не повышается при остающейся постоянной нагрузке. Оно становится равным в конце концов сопротивлению, которое противодействует течению жидкости.

Установленный на поршень груз начнет подниматься, если суметь подвести необходимое для этого давление. Скорость подъема при этом зависит от величины объемного потока, подводимого к **гидроцилиндру**. Возвращаясь к Рис, можно заметить, что чем быстрее поршень ручного насоса движется вниз, тем больше жидкости подводится к гидроцилиндру за единицу времени, и тем быстрее будет подниматься груз.

В качестве второго примера рассмотрим еще один простейший **гидропривод**.

При этом шаг за шагом вводятся дополнительные устройства, которые:

- управляют изменением направления движения (гидрораспределитель),
- воздействуют на скорость движения гидроцилиндра (дроссель),
- ограничивают нагрузку на гидроцилиндре (предохранительный клапан),
- предотвращают движение нагруженного гидроцилиндра в обратном направлении при отключении насоса (обратный клапан).

**Гидроцилиндр** (5) нагружен силой  $F$  и должен обеспечить движение в обе стороны. В отличие от Рис насос (1) приводится здесь во вращение с помощью мотора (электродвигателя или двигателя внутреннего сгорания).

Основы конструкции, показанной на Рис 5, отображены на принципиальной схеме Рис. 6

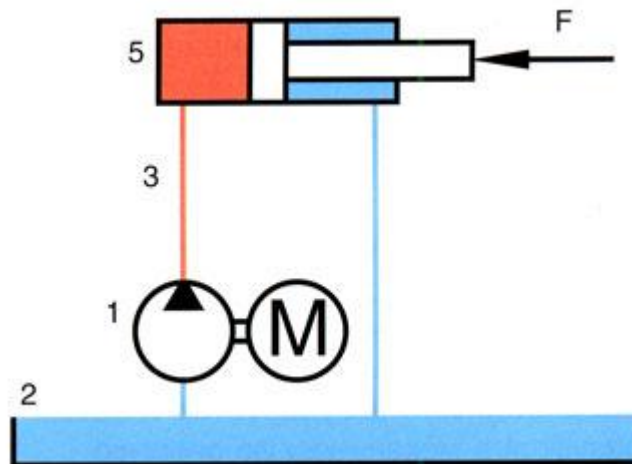


Рис 6

Гидравлический насос (1), приводимый во вращение мотором  $M$ , всасывает жидкость из бака (2) и подает ее в трубопроводы (3) **гидропривода** вплоть до **гидроцилиндра** (5). Пока жидкость не встречает сопротивления, она только проталкивается через трубопровод.

Нагруженный силой  $F$  **гидроцилиндр** (5), установленный на конце трубопровода, представляет для жидкости препятствие, которое оказывает сопротивление. В результате давление возрастает до тех пор, пока препятствие не будет преодолено, т.е. пока поршень гидроцилиндра не начнет двигаться.

Однако, если выключить мотор, сила  $F$  будет вдвигать поршень **гидроцилиндра** в исходное положение (шток втягивается), а насос (1) будет работать в режиме **гидромотора**.

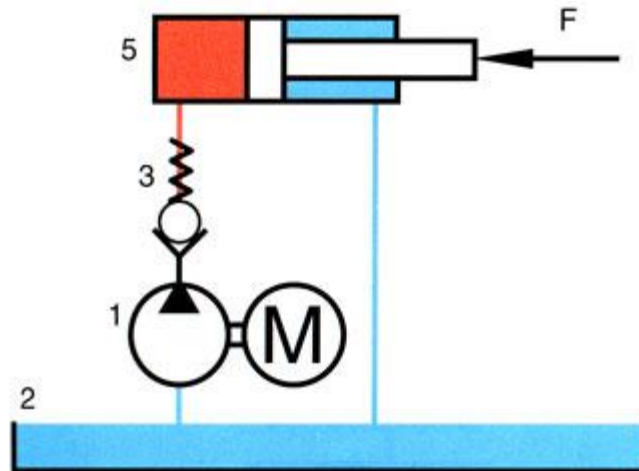


Рис 7

Путем установки обратного клапана (3) в напорной линии насоса (1) исключается возможность слива жидкости из **гидроцилиндра** (5) и, следовательно, предотвращается обратное движение штока (см. Рис. 7).

## 1. Задание

1. Решить задачи:

Какой выигрыш в силе можно получить на гидравлических машинах, у которых площади поперечных сечений поршней относятся как:

- а) 1:10;
- б) 2:50;
- в) 1:100;

Площадь меньшего поршня гидравлического пресса  $10 \text{ см}^2$ . На него действует сила 200 Н. Площадь большего поршня  $200 \text{ см}^2$ . Какая сила действует на больший поршень?

Поршень гидравлического пресса площадью  $180 \text{ см}^2$  действует силой 18 кН. Площадь малого поршня  $4 \text{ см}^2$ . С какой силой действует меньший поршень на масло в прессе?

Какой выигрыш в силе дает гидравлический пресс, имеющий поршни площадью поперечного сечения 2 и  $400 \text{ см}^2$ ? Масло нагнетается с помощью рычага, плечи которого равны 10 и 50 см. (Трением, весом поршней и рычага пренебречь.)

2. Подобрать реальные механизмы с гидравлическим приводом. Разобраться с принципом работы. Составить расчетную схему. Выполнить технический рисунок.

## Контрольные вопросы

1. Какие параметры влияют на выбор привода?
2. Главные элементы гидропривода?
3. Виды гидродвигателей?
4. Типы гидроприводов?
5. Как преобразуется энергия в гидроприводах?
6. Как определить силу развиваемую гидроцилиндром, если известно рабочее давление и диаметр поршня?

## Пневматический принцип работы машин

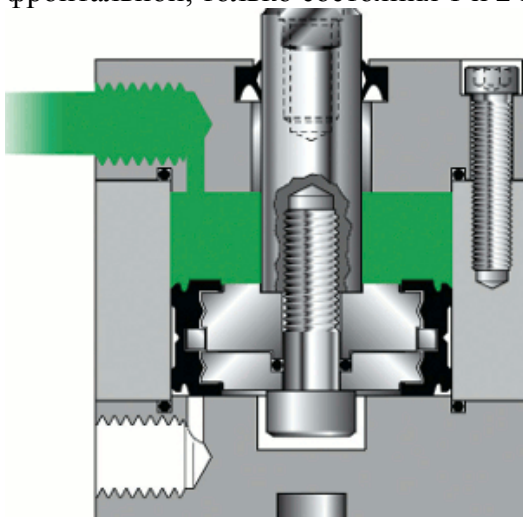
По принципу действия пневмоцилиндры разделяют на две группы:

- **одностороннего действия** -, - **двухстороннего действия** -

**Цилиндры одностороннего действия** используют одно срединение для подачи давления и возвратную пружину. Различают цилиндры одностороннего действия с фронтальной возвратной пружиной и задней возвратной пружиной.

Односторонний цилиндр с фронтальной пружиной в состоянии 1 при отсутствии подачи давления. При подаче давления воздух давит на поверхность поршня и преодолевая силу сопротивления пружины переводит цилиндр в состояние 2. при сбросе давления с цилиндра он переходит в состояние 1 благодаря усилию возвратной пружины

Поведение одностороннего цилиндра с задней пружиной аналогично цилиндру с фронтальной, только состояния 1 и 2 меняются местами.

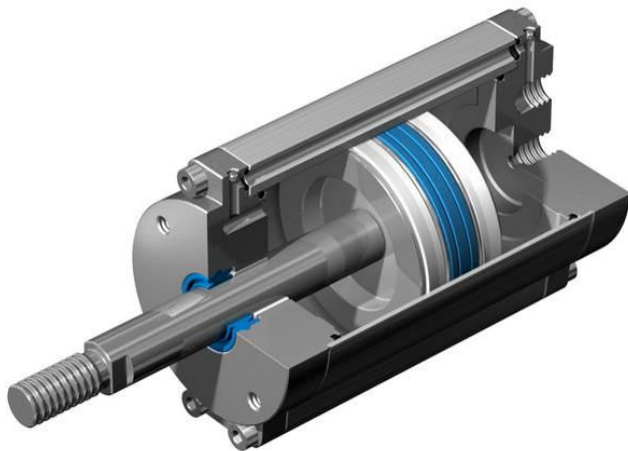


**Цилиндры двухстороннего действия** используют два соединения для подачи давления.

Цилиндр двухстороннего действия будет находится в состоянии 1, когда давление подано на верхнее соединеие, а нижнее соединение связано с атмосферой.

Для перевода цилиндра в состояние 2 необходимо подать давление в нижний порт при этом верхний порт нужно соединить с атмосферой.

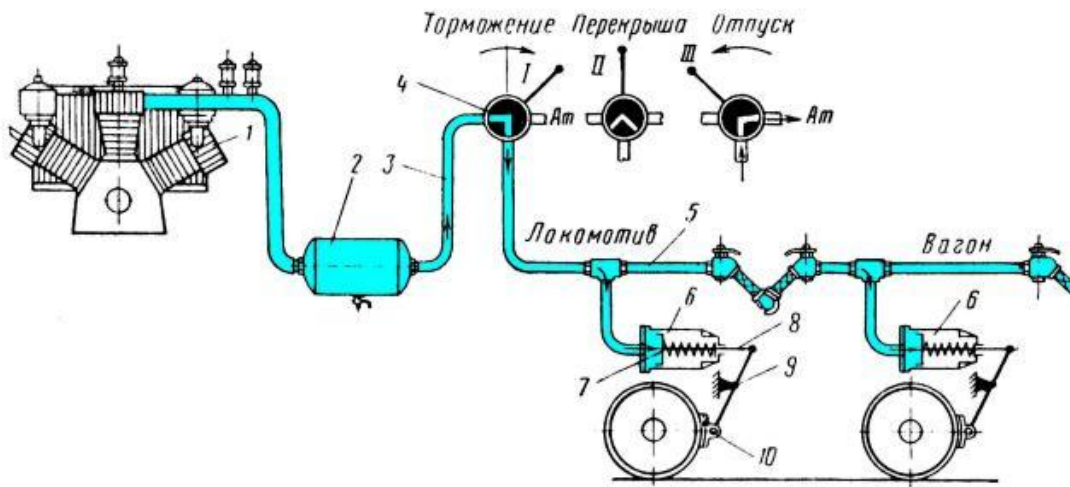
Преимуществом цилиндров двухстороннего действия является то, что они имеют более высокое значение максимальной нагрузки на шток при прямом ходе, чем односторонние цилиндры аналогичного размера ввиду отсутствия сопротивления пружины.



## Применение пневматического привода в технике

### Механизм торможения локомотива

Компрессор 1 нагнетает в главный резервуар 2 сжатый воздух, который по питательной магистрали 3 поступает к крану машиниста 4. Кран машиниста условно изображен в виде переключательной пробки, в которой высверлен прямоугольный канал. При постановке ручки крана машиниста в положение отпуска III тормозная магистраль 5 с соединительными рукавами, концевыми кранами и тормозные цилиндры 6 сообщаются с атмосферой Ат. Рычажная передача 9 при этом удерживает башмаки с колодками 10 на определенном расстоянии от поверхности катания колес.



### Прямодействующий неавтоматический тормоз

При переводе ручки крана в положение торможения I сжатый воздух из главного резервуара 2 по питательной магистрали 3 через кран машиниста 4, тормозную магистраль 5 поступает в цилиндр 6, передвигая поршень 7 со штоком 8 и связанную с ним рычажную передачу 9 и прижимая колодки к колесам.

Перемещение ручки крана в положение перекрыши II приводит к отключению главного резервуара от магистрали 5 и цилиндра 6. Вся система остается в заторможенном состоянии, причем утечки воздуха из тормозного цилиндра не восполняются.

Этот тормоз называется неавтоматическим потому, что при разрыве поезда (разъединении рукавов) торможения не происходит, сжатый воздух уходит из системы в атмосферу. Тормоз является прямодействующим и неистощимым, так как торможение происходит за счет подачи сжатого воздуха непосредственно из главного резервуара и имеется возможность восполнить утечки воздуха из цилиндров.

### Пневматическая подвеска автомобиля

**Пневматическая подвеска** (обиходное название – **пневмоподвеска**) – вид подвески, обеспечивающий регулирование уровня кузова относительно дороги за счет применения пневматических упругих элементов. В настоящее время пневматическая подвеска устанавливается в качестве опции на некоторых моделях автомобилей бизнес-класса и больших внедорожниках (например, **Volkswagen Touareg**, **Audi Q7**). По своей сути пневмоподвеска не является отдельным видом подвески автомобиля, т.к. может быть реализована со многими конструкциями подвесок ([МакФерсон](#), [многорычажная подвеска](#) и др.).

Основными преимуществами пневматической подвески являются комфортабельность, геометрическая проходимость и безопасность автомобиля. Пневмоподвеска, как правило, применяется в комбинации с автоматически регулируемым амортизаторами. Такая конструкция называется **адаптивная пневмоподвеска**.

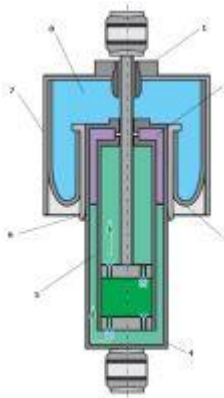
Пневматическая подвеска имеет следующее общее устройство:

- пневматические упругие элементы на каждое колесо;
- модуль подачи воздуха;
- ресивер;
- регулируемые амортизаторы (в адаптивной подвеске);
- система управления.

**Пневматический упругий элемент** выполняет основную функцию подвески – поддержание определенного уровня кузова автомобиля. Это достигается путем изменения давления и соответствующего ему объема воздуха в упругих элементах.

#### Схема пневматического упругого элемента

Пневматический упругий элемент состоит из корпуса с направляющей, манжеты и поршня. Конструктивно пневматический упругий элемент может изготавливаться со встроенным амортизатором или устанавливаться отдельно. Упругий элемент, объединенный с амортизатором, имеет название **пневматическая стойка** (по аналогии с амортизаторной стойкой подвески МакФерсон).



Манжета пневматического упругого элемента изготавливается из прочного многослойного **эластомера**. В некоторых конструкциях упругих элементов применяются дополнительные пневмоаккумуляторы. Для поддержания давления при утечке воздуха в упругом элементе может устанавливаться **клапан остаточного давления**.

**Модуль подачи воздуха** служит для питания упругих элементов воздухом. Он включает:

- электродвигатель;
- компрессор;
- осушитель воздуха.

Конструктивно в модуль включен блок электромагнитных клапанов системы управления подвеской.

**Ресивер** представляет собой резервуар для воздуха и обеспечивает регулирование дорожного просвета при движении на небольшой скорости без включения компрессора, а также корректировку положения кузова на стоянке.

Регулирование уровня кузова относительно дороги осуществляется с помощью **электронной системы управления**, которая включает входные датчики, блок управления и исполнительные устройства.

С помощью **клавиши** осуществляется ручное регулирование уровня кузова. **Датчики** обеспечивают автоматическое регулирование пневмоподвески.

**Блок управления** преобразует электрические сигналы входных датчиков в управляющие воздействия на исполнительные устройства. В своей работе блок управления взаимодействует с блоками **системы управления двигателем**, **системы курсовой устойчивости**.

В системе управления пневматической подвески используются следующие **исполнительные устройства**:

- клапаны пневматических упругих элементов (*создание давления*);
- выпускной клапан (*сброс давления*);
- клапан ресивера (*поддержание давления*);
- реле включения компрессора.

Конструктивно все клапаны сосредоточены в **блоке электромагнитных клапанов**, расположенном в модуле подачи воздуха.

#### Принцип работы пневматической подвески

В пневматической подвеске реализовано, как правило, три алгоритма управления:

- автоматическое поддержание уровня кузова;
- принудительное изменение уровня кузова;
- автоматическое изменение уровня кузова в зависимости от скорости движения.

**Автоматическое поддержание определенного уровня кузова** в пневматической подвеске осуществляется независимо от степени загрузки автомобиля. Датчики уровня кузова постоянно измеряют расстояние от колес до кузова. Результаты измерений сравниваются с заданной величиной. При расхождении показаний электронный блок управления задействует необходимые исполнительные устройства: клапаны упругих элементов для подъема, выпускной клапан для опускания подвески.

В работе пневматической подвески предусмотрено обычно три уровня кузова относительно дороги:

- номинальный;
- повышенный;
- пониженный.

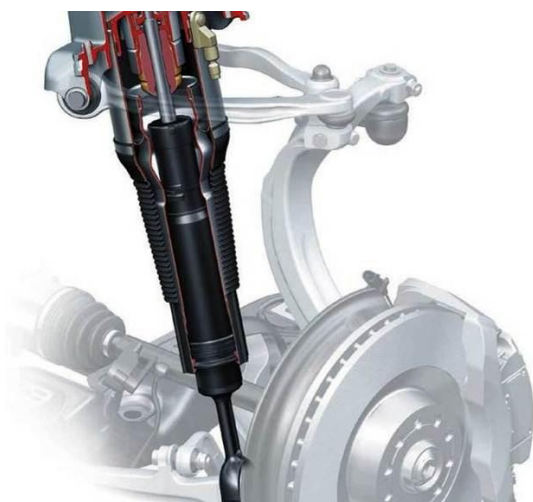
Уровни кузова устанавливаются водителем с помощью регулировочной клавиши. В конструкции пневмоподвески больших внедорожников предусмотрен дополнительный уровень для посадки пассажиров и погрузки вещей, который реализуется на неподвижном автомобиле.

**Автоматическое изменение уровня кузова в зависимости от скорости** обеспечивает устойчивость автомобиля в движении. При увеличении скорости программа управления подвеской переводит уровень кузова последовательно от повышенного к номинальному и далее, с ростом скорости, к пониженному. При снижении скорости система переводит положение кузова из пониженного в номинальное.

Применение регулируемых амортизаторов значительно расширяет характеристики пневматической подвески.



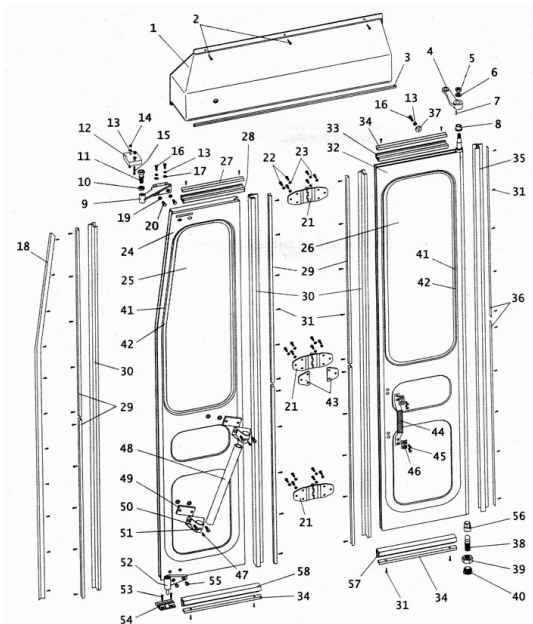




### Задание

Используя взрыв схему и наименование деталей устройства механизма открывания двери:

1. Изучить и описать принцип работы;
2. Изобразить схему открывания (в открытом, промежуточном и закрытом положениях);
3. Выполнить технический рисунок дверного проема.



### Дверь пассажирская двустворчатая ПАЗ 4230

1. Кожух направляющей ролика передней двери
2. Винт 4x18 ОСТ37.001.186-81
3. Уплотнитель проема пассажирской двери (ПР-083)
4. Рычаг механизма открывания передней двери
5. Гайка М14х1,5-6Н ОСТ37.001.124-93
6. Шайба 14.ОТ ОСТ37.001.115-75
7. Шпонка
8. Втулка оси

9. Кронштейн оси направляющего ролика
9. Кронштейн оси направляющего ролика
10. Гайка М16х1,5-6Н ОСТ37.001.124-93
11. Ролик направляющий с осью в сборе
12. Упор направляющего ролика двери
13. Шайба 6 ОСТ37.001.144-96
13. Шайба 6 ОСТ37.001.144-96
13. Шайба 6 ОСТ37.001.144-96
14. Гайка М6-6Н ОСТ37.001.124-93
15. Винт М6-6gx35 ОСТ37.001.125-81
16. Винт М6-6gx14 ОСТ37.001.130-81
16. Винт М6-6gx14 ОСТ37.001.130-81
17. Шайба 6Л ОСТ37.001.115-75
18. Накладка стойки передней двери
19. Шайба 8Т ОСТ37.001.115-75
20. Болт М8-6gx25 ОСТ37.001.123-96
21. Петля пассажирской двери наружная в сборе
21. Петля пассажирской двери наружная в сборе
21. Петля пассажирской двери наружная в сборе
22. Болт М6-6gx20 ОСТ37.001.123-96
23. Шайба 6Т ОСТ37.001.115-75
24. Створка задней двери ведомая в сборе
24. Створка передней двери ведомая в сборе
25. Стекло передней пассажирской двери
26. Стекло пассажирской двери
27. Профиль крепления уплотнителя ведомой створки горизонтальный верхний
28. Уплотнитель ведомой створки верхний (ПР-265)
29. Профиль крепления уплотнителя
29. Профиль крепления уплотнителя
30. Уплотнитель пассажирской двери вертикальный (ПР-261)
30. Уплотнитель пассажирской двери вертикальный (ПР-261)
31. Винт 4х12 ОСТ37.001.188-81
31. Винт 4х12 ОСТ37.001.188-81
31. Винт 4х12 ОСТ37.001.188-81
32. Створка задней двери ведущая в сборе
32. Створка передней двери ведущая в сборе



- 33. Уплотнитель ведущей створки верхний (ПР-265)
- 34. Профиль крепления уплотнителя горизонтальный
- 34. Профиль крепления уплотнителя горизонтальный
- 34. Профиль крепления уплотнителя горизонтальный
- 35. Уплотнитель ведущей створки вертикальный (ПР-263)
- 36. Пластина
- 37. Буфер пассажирской двери
- 38. Опора пассажирской двери нижняя
- 39. Гайка М20х1,5-6Н ОСТ37.001.124-93
- 40. Пробка
- 41. Уплотнитель стекла (ПР-004)
- 41. Уплотнитель стекла (ПР-004)
- 42. Замок уплотнителя стекла (ПР-028)
- 42. Замок уплотнителя стекла (ПР-028)
- 43. Прокладка петли
- 44. Аварийная ручка двери
- 45. Винт М6-6gx14 ОСТ37.001.126-81
- 46. Наконечник ручки
- 47. Винт 4x18 ОСТ37.001.186-81
- 48. Поручень люка в сборе
- 49. Пластина кронштейна поручня
- 50. Кронштейн поручня люка
- 51. Винт М6-6gx18 ОСТ37.001.125-81
- 52. Фиксатор в сборе
- 53. Винт М6-6gx18 ОСТ37.001.127-81
- 54. Упор створки пассажирской двери
- 55. Винт крепления фиксатора М8-6gx18 1
- 56. Втулка опоры
- 57. Уплотнитель ведущей створки нижний (ПР-261)
- 58. Уплотнитель ведомой створки нижний (ПР-261)



### Контрольные вопросы

1. Каким образом происходит передача движения в пневмоприводе?
2. Дайте определение понятию «пневмопривод»?
3. Перечислите основные элементы пневматических систем?
4. Опишите работу пневмоцилиндра.
5. Как классифицируют пневмоцилиндры по принципу действия.

### Электропривод

#### Механические характеристики двигателя и рабочего механизма

Назначение электропривода - создавать движение рабочих машин и управлять этим движением.

Поступательное движение			Вращательное движение		
Величина	Обозначение	Размерность	Величина	Обозначение	Размерность
Путь	$S$	м	Угол поворота	$\varphi$	радиан
Скорость	$v = \frac{dS}{dt}$	м/с	Угловая скорость (частота вращения)	$\omega = \frac{d\varphi}{dt}$	рад/с; 1/с
Ускорение	$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d^2S}{dt^2}$	м/с <sup>2</sup>	Угловое ускорение	$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2}$	рад/с <sup>2</sup> ; 1/с <sup>2</sup>
Сила	$F$	Н	Момент	$M$	Н.м
Масса	$m$	кг	Момент инерции	$J$	кг м <sup>2</sup>

Любая электрическая машина, как электромеханический преобразователь энергии (ЭМС), может работать в двух режимах: двигательном, преобразуя подводимую электрическую энергию

гию в механическую, или в тормозном (генераторном) режиме, преобразуя подводимую механическую энергию в электрическую.

Тормозные режимы по своим энергетическим характеристикам могут быть различными.

Режим рекуперативного генераторного торможения; в этом режиме (рис.1.б) кинетическая энергия, запасенная в движущихся элементах механической системы, или потенциальная энергия, отбираемая от рабочего органа (например, в режиме спуска груза), поступает на вал электродвигателя и преобразуется им, как генератором, в электрическую энергию, которая за вычетом потерь в электрической машине и преобразователе отдается в питающую сеть; в этом режиме электродвигатель работает как генератор параллельно с питающей сетью. Такой режим торможения энергетически является наиболее выгодным, т.к. энергия торможения используется полезно.

Режим динамического торможения; в этом режиме двигатель отключается от сети и работает как автономный генератор, нагруженный на сопротивление; энергия торможения (см. рис.2,в), поступающая на вал электродвигателя, преобразуется в электрическую и вся расходуется на потери в электрической машине и (в случае необходимости) во включенных в цепи обмоток машины сопротивлениях.

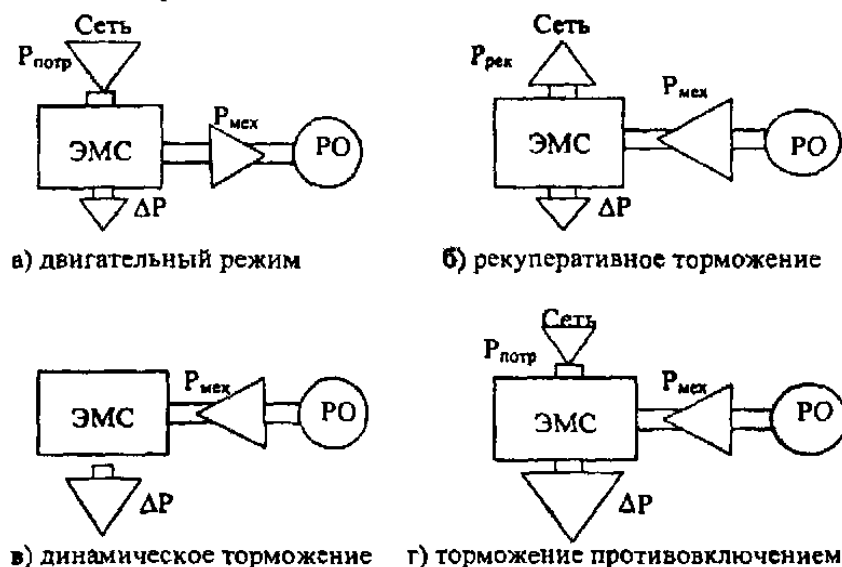


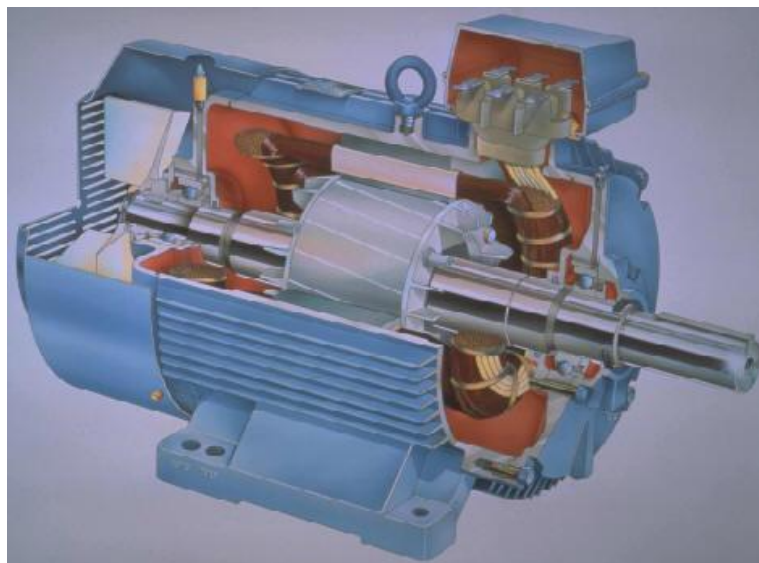
Рис.2. Энергетические диаграммы режимов работы электропривода

Режим противовключения; в этом случае двигатель, вращающийся в одном направлении, с целью торможения включается в другом направлении; двигатель при этом потребляет электрическую энергию из сети и механическую энергию торможения, поступающую на вал электродвигателя (см. рис.2,г). Суммарная энергия расходуется на потери в электродвигателе и в сопротивлениях, включенных в цепи обмоток машины; этот режим характеризуется большими потерями энергии.

#### Общие сведения о нерегулируемом электроприводе

Под нерегулируемым будем понимать электропривод, работающий с постоянной (или изменяющейся в незначительных пределах) скоростью вращения. К нерегулируемым приводам будем также относить электроприводы с многоскоростными асинхронными двигателями и с асинхронными фазными двигателями с релейно-контакторным управлением.

Наиболее распространенными типами нерегулируемых электроприводов являются электроприводы с короткозамкнутыми (к.з.) асинхронными двигателями, с асинхронными двигателями с фазным ротором, а также электроприводы на базе синхронных двигателей.



## ВЫБОР ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Расчет электропривода по заданной грузоподъемности в первом приближении начинают с определения сопротивления на валу электродвигателя.

Момент сопротивления на валу электродвигателя зависит от веса поднимаемого груза и определяется следующим выражением:

где  $m$  — грузоподъемность механизма;

$D_b$  — диаметр грузового барабана;

$i$  — общее передаточное число механизма;

- рабочий КПД механизма;

Момент на валу электродвигателя при опускании груза:

или частоты вращения

Мощность электродвигателя при подъеме груза:

Мощность электродвигателя при опускании груза:

По каталогу выбираем двигатель с номинальной мощностью на 10-20% превышающей расчетную, т.е.  $P_{ном} = (1,1 \div 1,2) P_{рас}$

Если режим работы электродвигателя повторно-кратковременный, то расчетная мощность двигателя  $P_{рас}$  выбирается в зависимости от относительной продолжительности:

Высота подъема груза — 5 м.

Высота опускания груза — 5 м.

Время застропки и расстропки груза — 90 сек.

Скорость подъема рабочего груза — 0,9 м/с.

- время цикла

100 — 100%

5 — X%

X = 5% от всего рабочего цикла

ПВ%	3	15	25	40

Здесь - мощность электродвигателя для продолжительности режима работы (= кВт). По расчетному значению мощности выбирают двигатель, номинальная мощность которого превышает расчетную на 10-20%.

**Выбираем электродвигатель типа 4A180S2Y3 (с обдувом закрытого типа) с параметрами:**

Число пар полюсов	2
Мощность Р, кВт	22
Частота вращения n, об/мин	2900
Максимальный момент $M_{\text{макс}}/M_{\text{ном}}$ , Нм	2,2
Минимальный момент $M_{\text{мин}}/M_{\text{ном}}$ , Нм	1
Пусковой момент $M_{\text{пуск}}/M_{\text{ном}}$ , Нм	1,4
Момент инерции J, кг·м <sup>2</sup>	0,023
Режим работы (ПВ, %)	6
Напряжение U, В	220В, 380В
Частота промышленная f, Гц	50
КПД $\eta$ , %	88,5
Пусковой ток при 380В $I_{\text{п}}/I_{\text{ном}}$ , А	7,5
Сos $\varphi$	0,91
Критическое скольжение $S_{\text{кр}}$ , %	12
Номинальное скольжение $S_{\text{ном}}$ , %	2,3

Тип двигателя	Мощность кВт			Частота вращения об/мин				номинальная угловая скорость, 1/с		
				асинхронная (номинальная)						
4A180S2Y3	22			3000				303,5		
число полюсов	габаритные размеры			установочные и присоединительные размеры						
2	l <sub>30</sub>	h <sub>31</sub>	d <sub>30</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>10</sub>	l <sub>31</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>10</sub>	b <sub>10</sub>	h
	624	430	358	110	178	108	42	15	254	160

## ОСНОВЫ АКУСТИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Защита помещений от шума в настоящее время особенно актуальна, поскольку традиционные ограждения уступили место более легким конструкциям промышленного типа, к тому же уровень шума по мере развития промышленности и транспорта постоянно возрастает.

Звук представляет собой колебательное движение упругой среды (газообразной, жидкой и твердой). В упругих средах звук распространяется с определенной скоростью  $c$ , зависящей главным образом от свойств среды. Скорость звука в воздухе около 340 м/с, в воде 1450 м/с, в стали — 5100 м/с. Ухо человека воспринимает звуки в диапазоне частот от 20 до 20 000 Гц.

Интервал частот, ограниченный двумя частотами, из которых верхняя вдвое больше предыдущей нижней, называют октавой.

При известной скорости звука  $c$  частота  $f$  определяет длину волны  $\lambda$  и период колебаний  $T$ :

$$\lambda = c/f; \quad T = \lambda / c. \quad (1)$$

Одной из основных физических характеристик звука является сила, или интенсивность, звука  $I$ , которая определяется как количество звуковой энергии, переносимой звуковой волной в 1 с через площадку в 1 см<sup>2</sup> (или м<sup>2</sup>), перпендикулярную направлению движения звуковой волны. Измеряют интенсивность звука в ваттах на см<sup>2</sup> (или на м<sup>2</sup>).

Область звуковых колебаний, воспринимаемых человеком, показана на рис. 15, из которого следует, что пороги слышимости, болевых ощущений зависят не только от силы звука, но и от частоты. Звуки одинаковой силы, но разной частоты воспринимаются как различные по громкости. В связи с чем для количественной оценки восприятия звука введено понятие эталона звука по частоте. В качестве эталона сравнения звуков различных частот принят звук частотой 1000 Гц, в полосе которого органы слуха человека обладают наибольшей чувствительностью.

В акустике принята логарифмическая система единиц. Кроме чисто математических удобств это обусловлено тем, что по гипотезе Вебера— Фехнера восприятие звука человеком пропорционально не абсолютному изменению силы звука, а логарифму этого изменения.

В логарифмической системе единиц десятичный логарифм отношения какой-либо величины  $A$  к величине  $A_0$ , принятой за эталон сравнения, называют уровнем величины  $A$ , измеряемой в беллах (Б), и обозначают через  $L_A$ :

$$L_A = \lg(A/A_0), \quad (2)$$

Белл довольно крупная единица. В акустике принята единица, в десять раз меньшая, называемая децибелом (дБ). Уровень величины  $A$  в децибелах выражают так:

$$L_A = 10 \lg(A/A_0), \quad (3)$$

При определении уровней силы звука за эталон сравнения принята сила звука  $J_0$  на пороге слышимости при частоте звука 1000 Гц, равная 10<sup>-16</sup> Вт/см<sup>2</sup>. Таким образом, уровень силы звука, дБ, выражают формулой:

$$L_J = 10 \lg(J/J_0). \quad (4)$$

Важной физической характеристикой звука является звуковое давление  $P$ , определяемое как разность между мгновенным значением полного давления в звуковой волне и средним в данной точке при отсутствии звука. При расчетах пользу-

ются среднеквадратичным звуковым давлением, которое для чистого тона определяют по формуле:

$$P_{cp} = P_{max} / \sqrt{2}, \quad (5)$$

Сила звука пропорциональна квадрату звукового давления:

$$J = P_{cp}^2 / \rho c, \quad (6)$$

где  $\rho c$  — произведение плотности среды на скорость распространения звука в ней, называемое удельным акустическим сопротивлением среды.

Уровень силы звука через уровень звукового давления выражают по формуле:

$$L_J = 20 \lg(P/P_0), \quad (7)$$

где  $P$  — звуковое давление звука данной частоты, Па (дин);

$P_0$  — то же звука, частотой 1000 Гц на пороге слышимости, равное  $2 \cdot 10^{-5}$  Па ( $2 \cdot 10^{-4}$  дин/см<sup>2</sup>).

Различают два вида звуков: воздушные (возникающие и распространяющиеся в воздухе) и ударные (распространяющиеся в твердых телах при механическом воздействии на них). Воздушный шум передается через ограждения (главным образом, щели, трещины, отверстия или сквозные поры); он возникает также вследствие колебаний тонкостенных конструкций. Ударный звук передается по конструкциям в зависимости от степени однородности материала и его модуля упругости.

Изоляцию ограждением воздушного шума  $R_v$  оценивают по снижению уровня шума при прохождении через ограждение (с учетом звукового поглощения защищаемого помещения):

$$R_v = L_1 - L_2 + \lg(S/A), \quad (8)$$

где  $L_1$  и  $L_2$  — средние уровни звукового давления до и после прохождения звука через ограждение;

$S$  — площадь ограждающей конструкции;

$A$  — общее звуковое поглощение защищаемого помещения.

Ударный звук особенно передается через перекрытия. Он возникает в самой конструкции. Поэтому изоляцию перекрытиями ударного шума оценивают по уровню шума над перекрытием при стандартном ударном воздействии на перекрытие. В качестве последнего принимают удары свободно падающего с высоты 4 см тела массой 0,5 кг с частотой 10 ударов в 1 с.

Для этого случая определяют приведенный уровень ударного шума над перекрытием:

$$L_{\pi} = L_y - 10 \lg(A_0/A), \quad (9)$$

где  $L_y$  — уровень ударного шума относительно порогового;

$A_0$  — стандартное звуковое поглощение, равное 10 м<sup>2</sup>;

$A$  — общее звуковое поглощение помещения.

Звукоизоляция ограждения зависит не только от массы конструкции, но и от частоты изолируемого звука. Поэтому для оценки звукоизолирующей способности

ограждения необходимо знать частотную характеристику — кривую, показывающую зависимость звукоизоляции конструкции в децибелах от частоты изолируемого шума в пределах октавных полос со среднегеометрическими частотами в 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 и 8000 Гц.

За расчетные и нормируемые параметры звукоизоляции ограждающих конструкций принимают так называемый индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкцией  $I_v$  в дБ и индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием  $I_y$ .

Для определения индексов изоляции сравнивают измеренные или рассчитанные характеристики с нормативными, приведенными на рис 17.

Индекс изоляции воздушного шума ограждающей конструкции обозначают формулой:

$$I_v = 50 + \Delta_v, \quad (10)$$

— а индекс приведенного уровня ударного шума под перекрытием:

$$I_y = 70 - \Delta_y. \quad (11)$$

В этих формулах значения 50 и 70 дБ соответствуют индексам изоляции воздушного шума (50 дБ) и индексу приведенного уровня ударного шума под перекрытием (70 дБ) нормативных частотных характеристик. Поправки  $\Delta_v$  и  $\Delta_y$  определяют как средние отклонения частотных характеристик изоляции данного ограждения от нормативных.

В ориентировочных расчетах индекс изоляции воздушного шума однослойными ограждениями объемной массой от 100 до 1000 кг/м<sup>2</sup> можно определить в дБ по формулам:

$$I_v = 23 \lg Km - 10 \text{ дБ при } m > 200 \text{ кг/м}^2; \quad (12)$$

$$I_v = 13 \lg Km + 13 \text{ дБ при } m < 200 \text{ кг/м}^2, \quad (13)$$

где  $m$  — масса 1 м<sup>2</sup> ограждения;

$K$  — коэффициент, принимаемый в зависимости от материала и типа конструкции (для сплошных ограждающих конструкций из материалов плотностью более 1800 кг/м<sup>3</sup>  $K = 1$ ; для ограждающих конструкций из материалов плотностью 1200-1300 кг/м<sup>3</sup> из бетонов на гипсовом вяжущем  $K = 1,25$ ).

Для ограждающих конструкций с круглыми пустотами из железобетона и бетона плотностью более 1800 кг/м<sup>3</sup> коэффициент  $K$  определяют по формуле:

$$K = 1,86 \times \sqrt[4]{J} / b \times h_{пр}^3, \quad (14)$$

где  $J$  — момент инерции сечения, м<sup>4</sup>;

$b$  — ширина его, м;

$h_{пр}$  — приведенная толщина сечения, м.



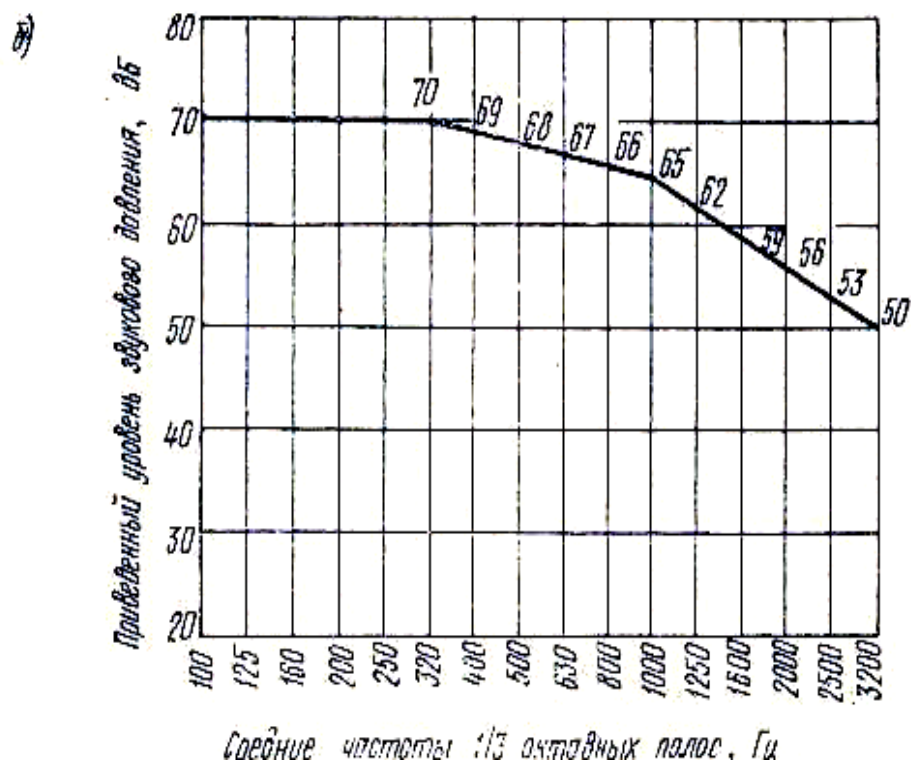
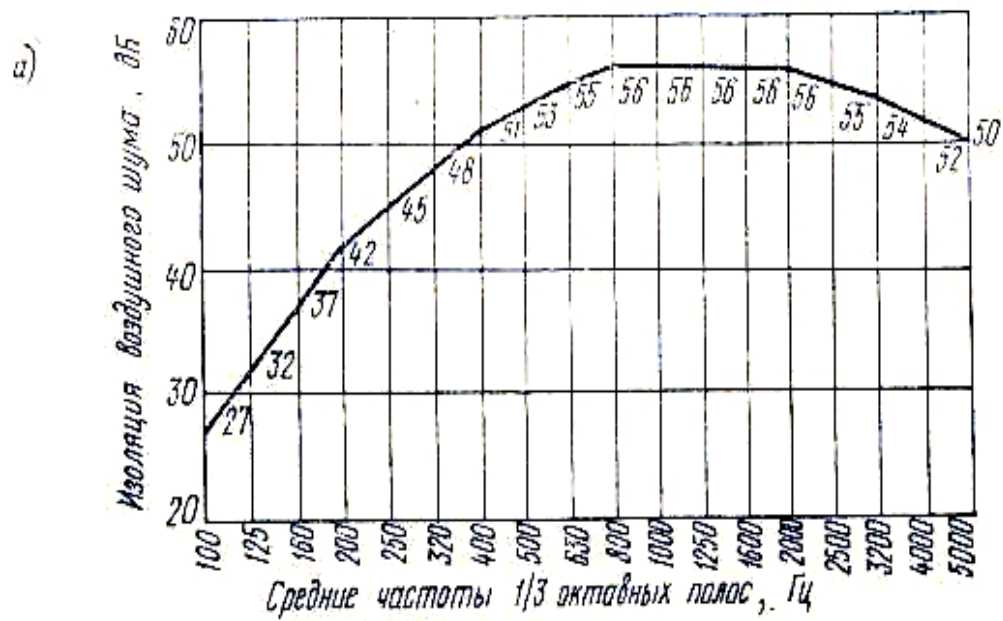


Рис. 17. Нормативные частотные характеристики  
 а) изоляции воздушного шума ограждающей конструкции;  
 б) приведенного уровня ударного шума под перекрытием

Для ограждений из бетонов на пористых заполнителях и цементном вяжущем коэффициент  $K$  следует определять по формуле:

$$K = 2,26 \sqrt{E/p}, \quad (15)$$

где  $E$  — модуль упругости материала, кгс/м<sup>2</sup>;

$\rho$  — плотность материала, кг/м<sup>3</sup>.

Нормативные индексы изоляции воздушного шума ограждающими конструкциями  $I^n_v$  и приведенного уровня ударного шума под перекрытием  $I^n_y$  жилых зданий приведены в табл. 9.

Для повышения звукоизолирующей способности стен, перегородок и перекрытий без увеличения их массы целесообразно применять отдельные конструкции со сплошной воздушной прослойкой без жесткой связи между элементами ограждения.

Звукоизоляционные свойства ограждения при наличии сплошной воздушной прослойки повышаются в связи с тем, что воздух упруго воспринимает колебания одной стенки и передает их второй стенке ослабленными.

С увеличением толщины воздушной прослойки звукоизоляция также увеличивается, однако из-за необходимости ограничивать общую толщину ограждения воздушный промежуток обычно делают не более 60 мм.

Для звуковой изоляции междуэтажных перекрытий применяют упругие прокладки, которые гасят звуковые колебания, возникающие при ударах.

Таблица 9

*Нормативные величины звукоизолирующей способности ограждающих конструкций жилых зданий*

Ограждающие конструкции квартирных домов	Индекс изоляции от воздушного шума $I_v$ , дБ	Индекс приведенного уровня ударного шума $I_y$ , дБ
Перекрытия между жилыми этажами, а также между жилыми помещениями и подвалами, холлами, лестничными клетками	50	67
Стены и перегородки между квартирами	50	-
Стены между жилыми помещениями и лестничными клетками	50	-
Перегородки без дверей между комнатами квартиры	41	-

**Акустика в дизайнерских решениях.** Звук, возникший в помещении, частью поглощается, а частью отражается ограждающими конструкциями, оборудованием, зрителями. Уровнями процессов отражения и поглощения звука определяются акустические свойства помещения. Для хорошей акустики необходимо обеспечить по возможности равномерное распределение звука в объеме помещения, особенно в зоне зрителей. Процесс затухания отраженных звуков должен идти так, чтобы не искажался прямой звук от источника, а усиливался при восприятии слушающими.

Одним из важнейших показателей акустических свойств помещений является реверберация.

**Реверберацией** называют наличие остаточного звучания в помещении после прекращения основного звука вследствие многократных отражений звуковых волн от поверхностей стен, потолка и др.

Продолжительность реверберации, или время затухания отраженного звука до порога слышимости, зависит как от акустических свойств помещения, так и от мощности источника звука. Для акустического расчета и проектирования требуется

характеристика, которая зависит только от акустических свойств помещения. Такой характеристикой является скорость затухания отраженного звука, или стандартная реверберация.

**Под стандартной реверберацией  $T_{ст}$**  понимают то время, за которое плотность звуковой энергии отраженного звука уменьшается в 1 млн раз или уровень звукового давления снижается на 60 дБ.

При продолжительной реверберации помещение становится гулким, при весьма короткой — глухим. Время реверберации зависит от объема и общего звукопоглощения помещения и объектов, находящихся в нем, а также от частоты звука. Опытным путем установлен оптимум стандартной реверберации  $T_{опт}$  — такая длительность ее, при которой создаются наилучшие условия слышимости в данном помещении. Оптимум реверберации в зависимости от объема зала указан в табл. 10.

Оптимальное время реверберации  $T_{опт}$  для частоты 500 Гц можно приближенно определить по формуле:

$$T_{опт} = K \times \lg V, \quad (16)$$

где  $V$  — объем помещения;

$K$  - коэффициент, принимаемый:

- 0,41 — для оперных театров и концертных залов;
- 0,36 — для драматических театров;
- 0,29 — для кинотеатров и аудиторий.

В диапазоне низких частот оптимальную реверберацию можно увеличить на 20—30 %. А в диапазоне высоких частот — уменьшить на 10-15 %.

Таблица 10

*Оптимальное время стандартной реверберации  $T_{опт}$*

Объем помещения, м <sup>3</sup>	$T_{опт}$ , с, при		Объем помещения, м <sup>3</sup>	$T_{опт}$ , с, при	
	Частоте 125 Гц	Частоте 500 Гц		Частоте 125 Гц	Частоте 500 Гц
400	1,2	1,0	1 000	1,45	1,2
600	1,3	1,1	1 500	1,55	1,25
800	1,35	1,15	2 000	1,6	1,28
3 000	1,75	1,35	8 000	2,15	1,5
4 000	1,8	1,38	9 000	2,25	1,53
5 000	1,9	1,4	10 000	2,3	1,55
6 000	2,0	1,45	15 000	2,4	1,6
7 000	2,05	1,48	20 000	2,45	1,63

Примечание. Промежуточные значения времени  $T_{опт}$  определяют по интерполяции.

Для обеспечения требуемой акустики в помещении используют материалы, хорошо поглощающие звук. Поглощение звука характеризуется коэффициентом звукопоглощения  $\alpha$ , выражающим отношение звуковой энергии, поглощенной поверхностью ограждения, к звуковой энергии, падающей на него. За единицу поглощения звука принят Сэбин, характеризующий полное поглощение звука поверхностью, отнесенное к единице площади (поглощение 1 м<sup>2</sup> открытого окна).

Коэффициент звукопоглощения материала изменяется в зависимости от частоты звуков и направления звуковой волны относительно поверхности. В большин-

стве случаев звуки низкой частоты поглощаются материалом хуже, чем высоких частот.

Реверберация увеличивается с увеличением объема помещения и уменьшением величины общего поглощения помещения. Время реверберации  $T_{сг}$  должно быть равно оптимальному  $T_{опт}$ . Так как коэффициенты звукопоглощения обычных строительных материалов (штукатурка, кирпич, бетон, дерево) сравнительно невелики, то время стандартной реверберации зрительных залов, как правило, превышает время оптимальной реверберации. В связи с этим для уменьшения гулкости часть ограждений зала облицовывают звукопоглощающими материалами и устанавливают резонаторы.

При акустическом проектировании зрительных залов реверберацию определяют для частот в 125, 500 и 2000 Гц. Расчет акустики зала рекомендуется вести с учетом заполнения его зрителями на 70 %.

Для хорошего восприятия звука в помещении требуется равномерное распределение звуковой энергии путем регулирования отражения звука.

Акустические качества помещений характеризуются степенью разборчивости речи во всех его точках. Критерием служит слоговая **артикуляция**, показывающая процент правильно воспринятых слушателем слогов. Разборчивость считается отличной при 96 % правильно воспринимаемых слогов, хорошей 96-85 %, удовлетворительной 85-75 %, трудно-разборчивой 76-65 %, недопустимой 65 % и ниже.

Артикуляция речи определяется по формуле:

$$A = 0,96 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4, \quad (34)$$

где  $K_1$  — коэффициент, учитывающий уровень громкости звука;

$K_2$  — коэффициент, учитывающий время реверберации;

$K_3$  — коэффициент, учитывающий шумовой фон в помещении;

$K_4$  — коэффициент, учитывающий форму помещения (в прямоугольных и секторальных помещениях 1,0; в малых помещениях с большим звукоотражением 1,06).

Для расчетов можно пользоваться табл. 11.

Таблица 11

*Значения коэффициентов  $K_1$ ,  $K_2$  и  $K_3$  и процентная слоговая артикуляция*

Время реверберации, сек	Величины коэффициентов			Процентная артикуляция	
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	При $K_4 = 1,0$	При $K_4 = 1,05$
1,0	0,95	0,96	0,83	72,5	77
1,5	0,95	0,94	0,83	71	75
2,0	0,95	0,90	0,83	68	72
2,5	0,95	0,86	0,83	65	69

При расчетах времени реверберации следует учитывать, что фактическое звукопоглощение всегда превышает расчетное за счет неучитываемых расчетом локальных (обычно сосредоточенных) звукопоглощений.

Учитывать добавочное звукопоглощение можно путем введения среднего коэффициента добавочного звукопоглощения, который рекомендуется принимать для частот 500-2000 Гц равным  $\alpha = 0,04$ .

### Пример 1

Для конференц-зала с размерами 12х24 и высотой 6 м рассчитать и оценить артикуляцию.

Решение.

1. Определяем время реверберации.

Оптимальное время реверберации зависит от длины пробегов отраженных звуков, следовательно, от объема помещения и назначения. Его приближенно можно определить по формуле:

$$T_{\text{опт}} = K \times \lg V,$$

где  $T_{\text{опт}}$  – оптимальное время реверберации для звуков силой 500 Гц;

$V$  – объем помещения, м<sup>3</sup>;

$K$  – коэффициент, зависящий от назначения помещений, принимаемый равным для оперных и концертных залов 0,41; драматических залов 0,36; кинозалов и аудиторий 0,29.

$$V = 12 \times 24 \times 6 = 1728 \text{ м}^3$$

Следовательно,

$$T_{\text{факт}} = K \times \lg (1 + \alpha)V = 0,41 \times \lg(1 + 0,04) \times 1728 = 1,33 \text{ сек.}$$

2. Определяем артикуляцию:

При  $T = 1,33$  сек коэффициенты  $K_1 = 0,95$ ;  $K_2 = 0,95$ ;  $K_3 = 0,83$ ;  $K_4 = 1,0$

$$A = 0,96 \times 0,95 \times 0,95 \times 0,83 \times 1,0 \times 100\% = 75,6 \text{ \%}.$$

Следовательно, артикуляцию можно считать удовлетворительной.

### ЗАДАНИЕ 1

Для помещения, характеристики которого заданы в табл. 12, рассчитать и оценить артикуляцию.

Таблица 12

*Индивидуальные варианты задания*

№ варианта	Размеры, м			Назначение помещения	Значение $K_4$
	Длина	Ширина	Высота		
1	10	6	4	Аудитория	1,06
2	12	8	6	Читальный зал	1,06
3	14	10	8	Аудитория	1
4	16	12	4	Лекционный зал	1
5	18	14	6	Конференц-зал	1
6	20	16	18	Концертный зал	1
7	22	10	14	Оперный зал	1
8	24	12	16	Кинозал	1
9	26	14	8	Лекционный зал	1
10	28	16	14	Драматический зал	1
11	30	12	10	Кинозал	1
12	32	14	16	Концертный зал	1
13	24	10	12	Драматический зал	1,06

14	26	12	18	Кинозал	1
15	28	16	15	Оперный зал	1
16	10	6	4	Аудитория	1,06
17	12	8	6	Читальный зал	1,06
18	14	10	8	Аудитория	1
19	16	12	4	Лекционный зал	1,06
20	18	14	6	Конференц-зал	1,06
21	20	16	18	Концертный зал	1
22	22	10	14	Оперный зал	1
23	24	12	16	Кинозал	1
24	26	14	8	Лекционный зал	1
25	28	16	14	Драматический зал	1
26	30	12	10	Кинозал	1
27	32	14	16	Концертный зал	1
28	24	10	12	Драматический зал	1
29	26	12	18	Кинозал	1
30	28	16	15	Оперный зал	1

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЛЕСТНИЦ. МЕТОДЫ РАСЧЕТА.

### Примеры практических заданий:

#### Задание №1.

В двухэтажном частном жилом доме предусмотрена лестничная клетка длиной 5900мм, шириной 3000мм, высотой от уровня пола 1-го этажа до уровня пола 2-го этажа 3300мм.

Выполнить расчет двухмаршевой лестницы без забежных ступеней, определить угол уклона лестницы, высоту ступени, размер проступи, высоту и габариты поворотной площадки.

Разработать чертеж лестницы и развертку лестницы по стене.

#### Задание №2.

Выполнить расчет внутриквартирной винтовой лестницы, исходя из условий, что высота от уровня пола 1-го этажа до уровня пола 2-го этажа - 3000мм, диаметр проема в перекрытии составляет 2000мм, угол закручивания винтовой лестницы – 360°.

Определить длину проступи по средней линии лестницы и количество ступеней, выполнить чертеж лестницы.

### Классификация лестниц.

Лестницы можно классифицировать по многим признакам: по количеству маршей, по углу поворота, форме ступеней и методам их крепления, исходным материалам, из которых она изготовлена и т.д.

Классификация лестниц, приведенная ниже, является приблизительной и далеко не полной. В свою очередь в каждом классе лестниц существует большое количество разновидностей их конструктивного исполнения и других отличительных признаков. Остановим свой выбор только на самых распространенных видах лестниц.

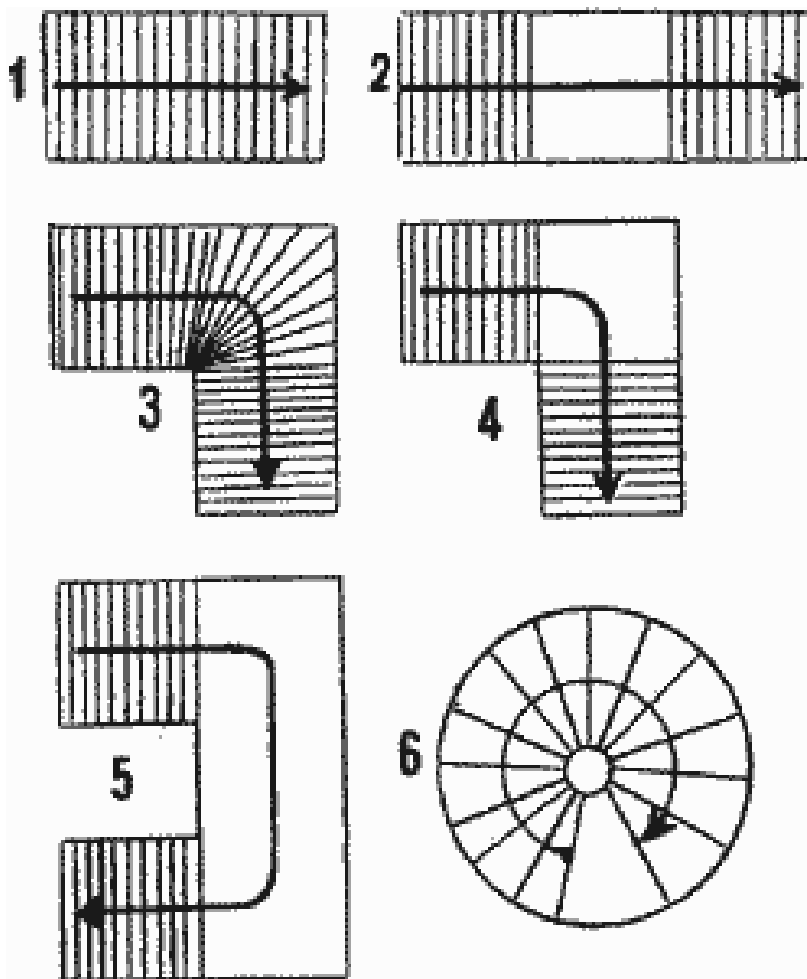


Рис. 1. Виды лестниц.

*1 - прямая одномаршевая; 2 - прямая двухмаршевая с промежуточной площадкой; 3 - поворотная с забежными ступенями; 4 - четвертьоборотная правая с промежуточной площадкой; 5 - полуоборотная правая с промежуточной площадкой; 6 - винтовая лестница.*

По количеству маршей лестницы могут быть одномаршевыми и многомаршевыми. Напомним, что марш лестницы - это непрерывный ряд ступеней, расположенных последовательно друг за другом. Между двумя и более маршами размещают промежуточную площадку. В зависимости от высоты здания и длины лестничных маршей таких площадок может быть несколько.

По направлению осевой линии лестницы условно можно разделить на прямые и поворотные. Если осевая линия лестничных маршей не меняет своего направления, то такая лестница называется прямой, независимо от того, сооружается лестничная площадка или нет. Это самые простые в изготовлении и наиболее безопасные в эксплуатации лестницы. При всех своих достоинствах прямые лестницы при их большой длине могут занимать значительное полезное пространство помещения, особенно при небольшом уклоне. Если же осевая линия меняет свое направление, то такая лестница называется поворотной или винтовой. В тех случаях, когда после лестничной площадки марши расходятся в разные стороны, такая лестница называется распашной.

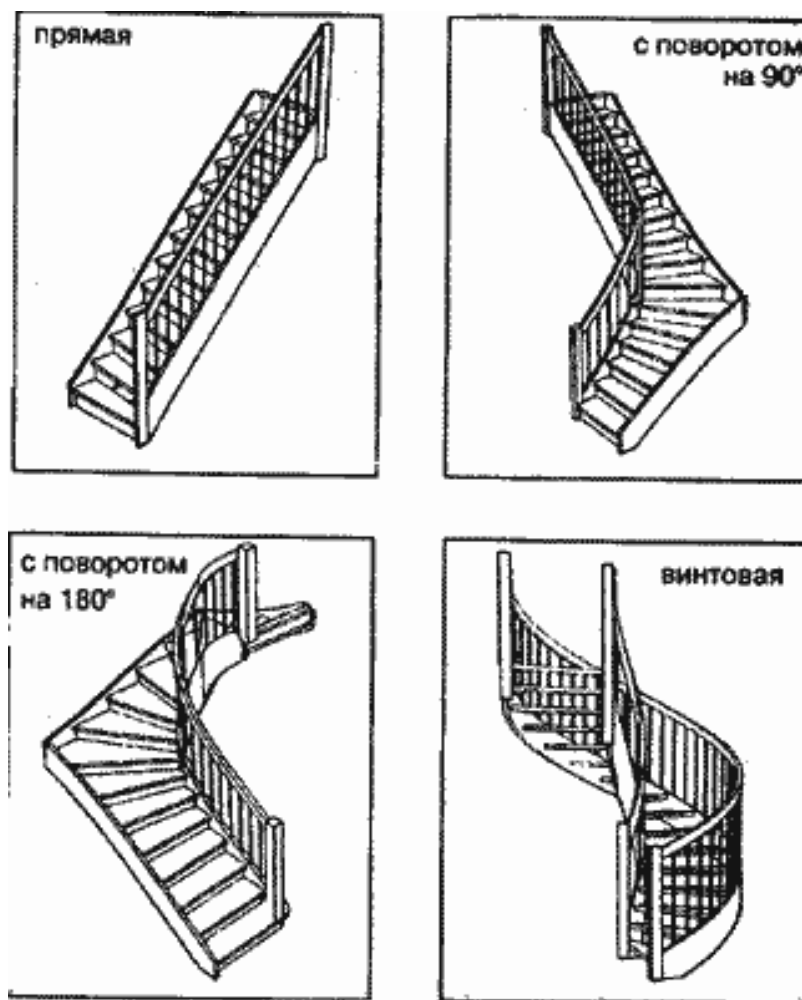


Рис. 2.

Поворотные лестницы могут быть правыми и левыми в зависимости от направления осевой линии. Выбор поворота лестницы зависит от планировки помещения и определяется индивидуально в каждом конкретном случае. Кроме этого, в зависимости от угла поворота лестницы могут быть четвертьоборотными, полуоборотными и круговыми. Поворотные лестницы сооружают для экономии полезной площади дома. Однако повороты снижают удобство пользования лестницей и безопасность перемещения. Поэтому обычно стараются уменьшить количество поворотов до минимума. Самыми распространенными лестницами в индивидуальном жилом строительстве являются двухмаршевые поворотные лестницы.



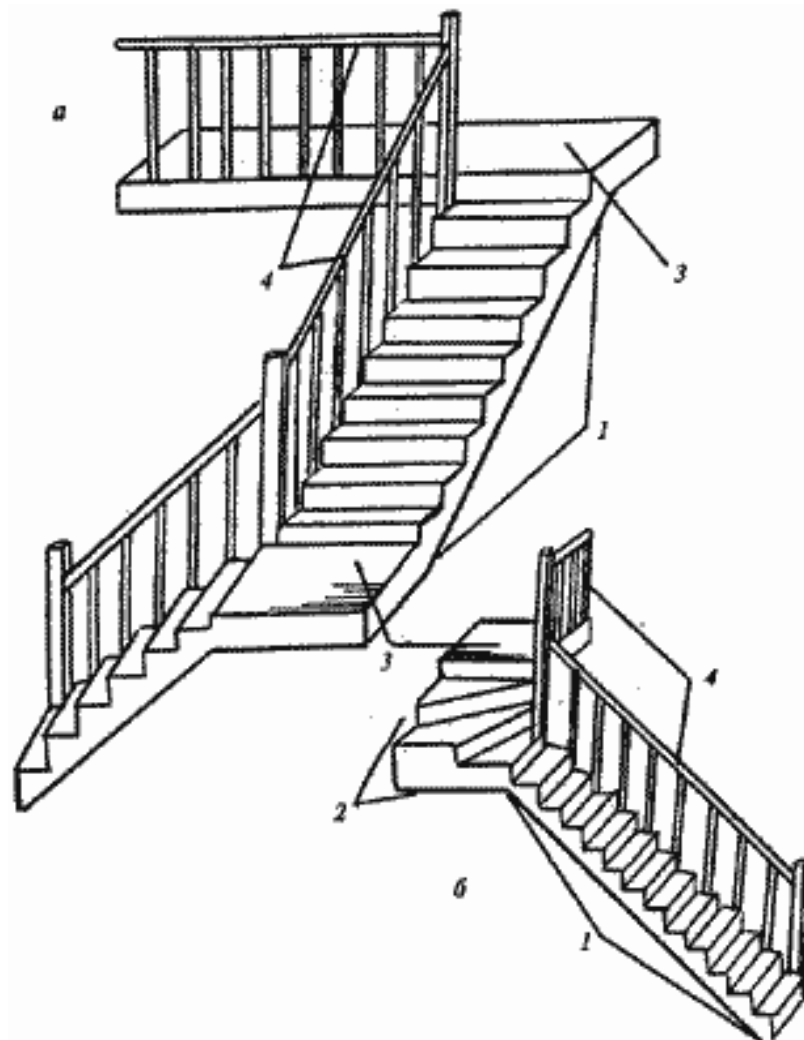


Рис. 3. (а) четвертьоборотная лестница с промежуточной площадкой;  
 (б) четвертьоборотная лестница с забежными ступенями:  
 1 - марш лестницы; 2 - участок забежных ступеней; 3 - площадка; 4 –  
 перила

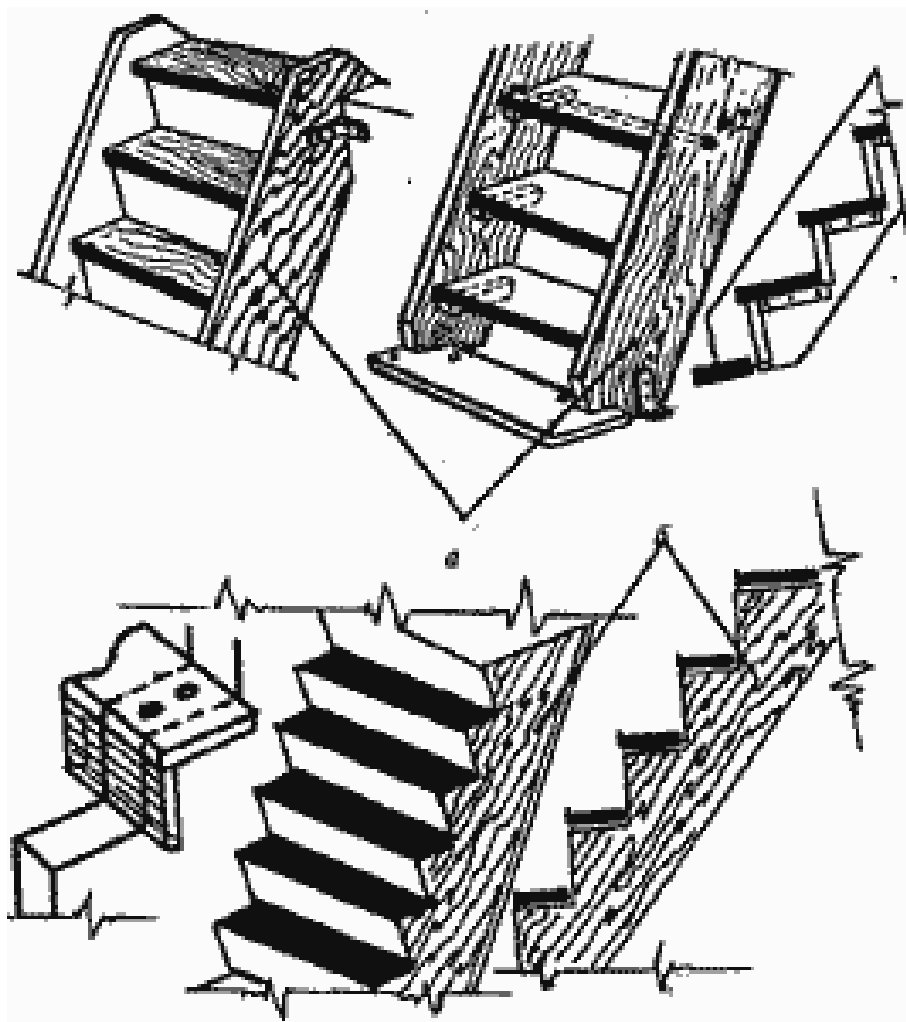
Поворотные лестницы без промежуточной площадки сооружают с забежными ступенями. Забежные ступени - это ступени, у которых внутренняя сторона уже, чем наружная. Нормальная ширина ступени в этом случае соблюдается только в центральной их части вдоль осевой линии лестницы. При сооружении забежных ступеней существуют определенные ограничения, связанные с удобством и эксплуатацией лестницы. Так, ширина ступени в самом узком ее конце не должна быть менее 10 см, а в центральной ее части — не менее 20 см. Если лестница состоит из одних забежных ступеней, то она называется винтовой.

По виду используемых материалов лестницы могут быть бетонными, металлическими, деревянными и комбинированными. Выбор материала целиком и полностью зависит от конструктивного решения лестницы, дизайнерского замысла, места ее установки и условий эксплуатации. Например, деревянные лестницы не целесообразно устанавливать в помещениях с повышенной влажностью. Срок службы таких лестниц резко сократится, а в процессе эксплуатации под воздействием повышенной влажности могут возникнуть нежелательные деформации и разрушения, делающие лестницу небезопасной. В таком месте практичней со-

орудить бетонную или же металлическую лестницу, на которую влага не так сильно воздействует.

По конструктивному исполнению существуют лестницы с косоурами, тетивами или винтовые с центральной стойкой.

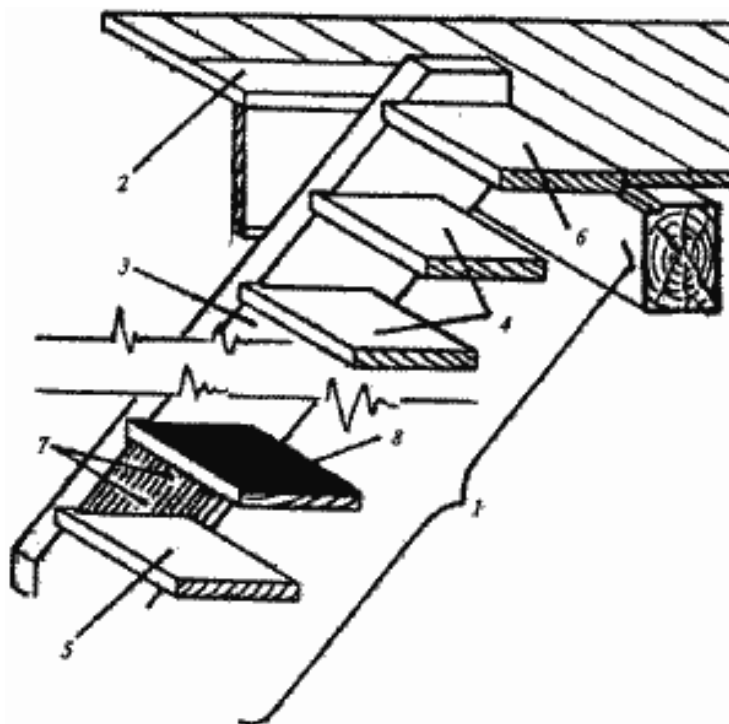
Тетивами называются несущие бруски или балки, к которым ступени примыкают сбоку. Если же ступени ложатся на бруски или балки сверху, то такие бруски называются косоурами.



*Рис. 4. Лестницы с тетивами и косоурами  
а - тетивы; б – косоуры.*

#### **Элементы лестниц.**

Лестница состоит из наклонных и горизонтальных частей, которые соответственно называют маршами и площадками. В свою очередь марш состоит из несущей балки (тетива, косоур) и ступеней, которые являются основными элементами лестницы.



*Рис. 5. Составные части лестницы*

*1 - марш; 2 - площадка; 3 - несущая балка (тетива); 4 - ступени; 5 - отправная ступень; 6 - выходная ступень; 7 - подступенок; 8 - проступь ступени.*

**Ступени.** Первая ступень лестничного марша называется отправной, а последняя — выходной. Обычно форма и размеры отправной ступени отличаются от остальных. Такие ступени называют фризовыми. Между отправной и выходной ступенями располагаются промежуточные ступени, которые по своей форме могут быть прямые, прямые скошенные, клиновидные (или забежные) и дугообразные. По своей конструкции ступени могут быть плоскостными сплошными, профилированными сплошными и сквозными. Верхнюю горизонтальную плоскость ступеней, остающуюся открытой при их перекрытии, принято называть проступью, а разность высот между двумя проступями — подступенком или заглушиной. Может также встретиться термин «свес», возникший от необходимости при конструировании лестниц иногда прибегать к приему перекрытия в плане нижней проступи проступью, расположенной выше.

Проступи в лестничном марше располагают строго горизонтально. Передний угол наклона ступеней не должен превышать  $1\text{--}1,5^\circ$ . В противном случае такие ступени становятся опасными. И, кроме того, влага, скапливающаяся в углу между проступью и подступенком, в зимнее время проникает в щели и замерзает, разрушая лестницу. Для того чтобы попадающая при уборке влага не скапливалась в области подступенка и легко убиралась, передняя кромка проступи должна быть немного ниже задней. Особенно это правило касается наружных лестниц, на ступени которых попадает атмосферная влага.

**Марш лестницы.** Маршем называют непрерывный ряд ступеней, расположенный между двумя уровнями или лестничными площадками. По своей проекции в плане лестничные марши могут быть прямые, косые и криволинейные. Если лестница состоит из нескольких маршей, то первый марш называют отправным, а последний, соответственно, — выходным. Линия, расположенная обычно посередине лестничного марша, по которой поднимаются или опускаются по лестнице, называется линией восхода. В случае криволинейных маршей, у

которых края ступеней не являются параллельными, линия всхода должна располагаться в области рабочей поверхности, ширина которой превышает половину размера проступи.

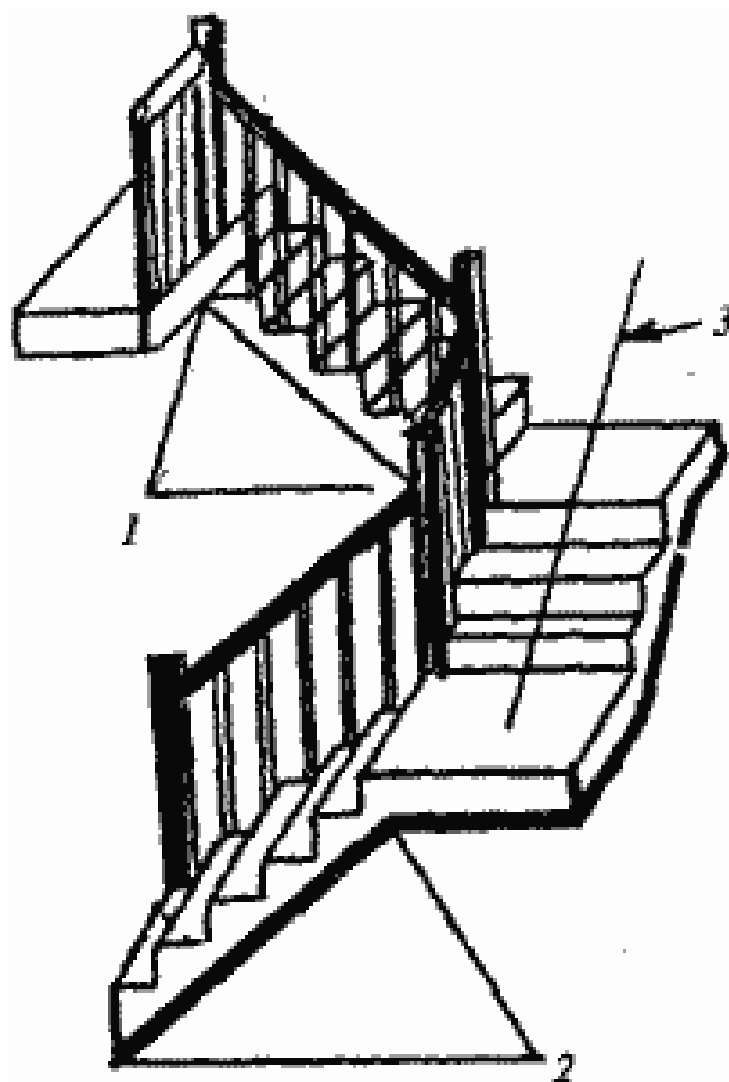


Рис.6. 1 - выходной марш; 2 - отправной марш; 3 - линия всхода.

**Лестничная площадка.** Лестничная площадка представляет собой горизонтальный участок, расположенный между двумя маршами. Лестничные площадки могут быть четырехугольными, многоугольными либо иметь криволинейную форму в своей горизонтальной проекции. Размеры площадок должны быть соразмерны с длиной человеческого шага. Их длина обычно равняется ширине лестничной клетки, а ширина — ширине марша. Поэтому, если направление маршей в плане перпендикулярно друг к другу, то площадка обычно имеет форму квадрата, а если марши параллельны, то площадка имеет форму прямоугольника или полукруга.

**Просвет между маршами.** Просвет между маршами (рис. 7) представляет собой пространство, остающееся свободным между внутренними краями лестничных маршей и площадок. По своей форме в плане просветы могут быть квадратными или прямоугольными, однако бывают лестницы, у которых просвет имеет форму параллелограмма, треугольника, круга или эллипса. В просторных помещениях просвет между маршами может использоваться в декоративном плане.

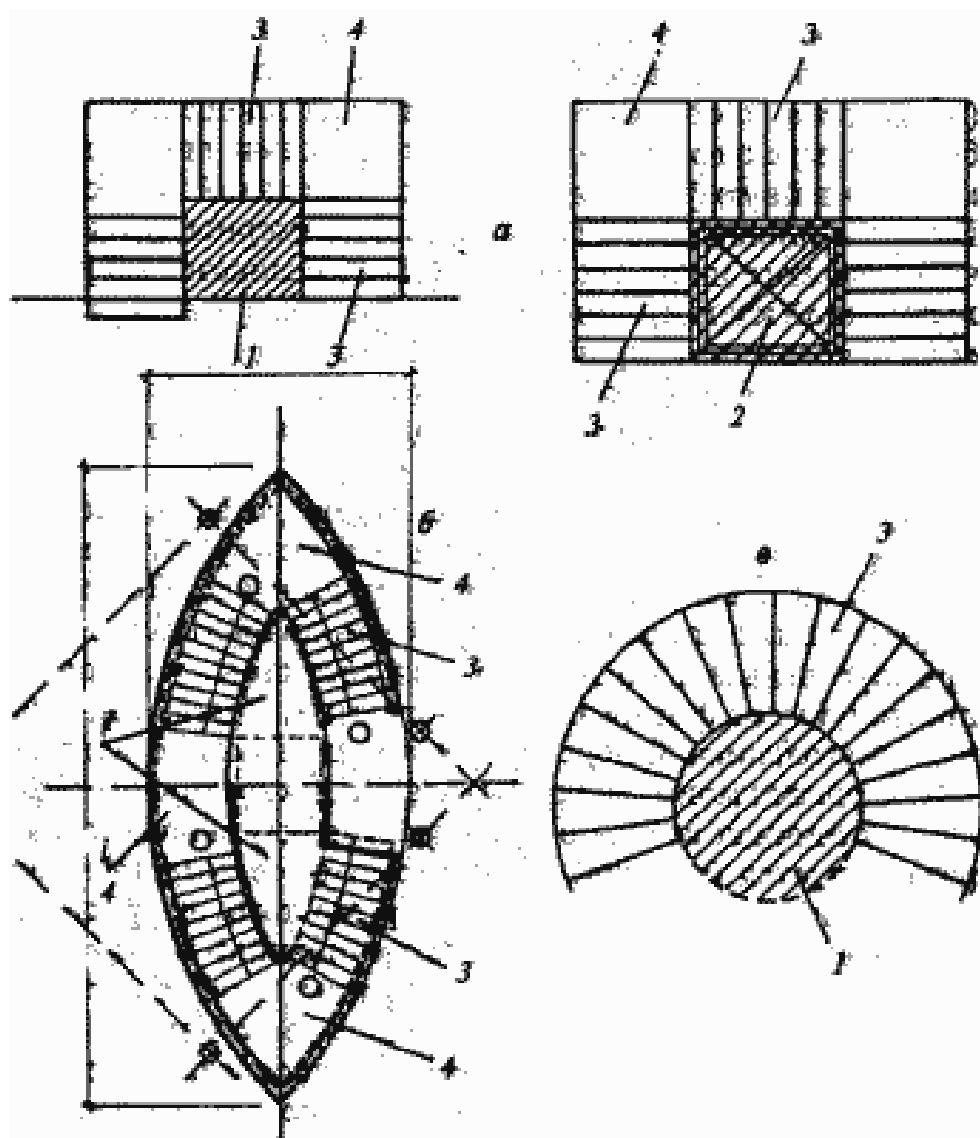


Рис. 7. Виды просветов между маршами.

*а - просвет квадратной формы; б - просвет дугообразной формы; в - просвет в форме круга; 1 - просвет; 2 - лифт; 3 - лестничные марши; 4 - площадка.*

**Лестничная клетка.** Лестничной клеткой называют помещение, где расположена лестница. Стороны лестницы, ограничивающие ее с обеих сторон, называют щеками лестницы. Наружная щека лестницы обращена в сторону стены, а внутренняя — к клетке.

Лестничная клетка с просветом между маршами характеризуется большой обзорностью, ее естественное освещение более эффективно. Кроме того, в просвете можно разместить декоративные светильники или другие элементы интерьера. Но чаще всего в целях экономии полезной площади размеры просвета сводят к минимуму или вообще обходятся без просвета. Рекомендуется выдерживать просвет между маршами в пределах 10—30 см, как наиболее приемлемый для зданий с малым количеством этажей. В этом случае просвет может быть использован для размещения в нем перильного ограждения и декоративных светильников.

**Перегородка или стержневая стена.** Перегородка или стержневая стена — это цельная или сквозная конструкция, встроенная между лестничными маршами или площадками и

разделяющая их полностью или частично. Применение стержневой стены, как правило, вызывается потребностью опорного крепления лестницы.

**Перильное ограждение лестницы.** Назначение перильного ограждения лестницы заключается в обеспечении безопасности и создания максимальных удобств при перемещении людей. Кроме того, перильное ограждение играет большую роль в декоративном оформлении лестницы. Перильное ограждение высотой 90—110 см устанавливается по краям маршей и лестничных площадок: и в своей верхней части должно заканчиваться поручнем. Поручень может устанавливаться не только на ограждении. Если лестничный марш расположен вдоль стены, то поручень может быть закреплен и на стене.

### **Основные нормы, правила и требования при проектировании лестниц.**

**Ширина маршей и площадок** определяет пропускную способность лестницы. Ширина отдельного марша назначается в зависимости от требований пожарной безопасности (эвакуации) и предполагаемых габаритов переносимых вещей.

**Минимальная ширина марша:** для внутриквартирных лестниц – 800мм, для двухэтажных зданий – 900мм, для жилых зданий большей этажности – 1050мм, для общественных зданий - 1350мм.

**Максимальная ширина марша:** для жилых зданий – 1400мм, для общественных – 2400мм.

**Ширина лестничных площадок** должна быть не менее ширины марша и не менее 1200мм.

**Количество ступеней в одном марше** должно быть не менее 3 и не более 16. Число ступеней в марше рекомендуется предусматривать нечетное, так как человеку удобнее начинать и заканчивать движение по лестнице одной ногой – левой или правой.

Рекомендуемый уклон лестницы находится в пределах 1:2 – 1:1,75.

**Размеры ступеней лестниц в жилых и общественных зданиях:** «Н» - не более 19см, «В» - не менее 26 см. Для внутриквартирных лестниц соответственно 20 и 23 см. Для подвальных и чердачных лестниц – 21 и 21см.

**Высота ступеней** в пределах одного марша не должна различаться более чем на 5мм, что обеспечивает равномерный уклон по всему маршу.

**Ширина ступени** основных лестниц должна быть не менее 250мм. Для лестниц, ведущих в нежилые помещения, высота и ширина ступеней может быть 200мм.

**Забегные ступени** на внутренней границе полезной ширины должны иметь проступь шириной не менее 100мм, а на средней линии марша - не менее 260мм.

**Радиус кривизны** средней линии марша с забежными ступенями должен быть не менее 30 см.

**Высота ограждений (перил)** междуэтажных лестниц должна быть не менее 0,9м, для лестниц высотой более 12м – 1,1м. Для лестниц используемых детьми, высота ограждений рекомендуется 1,5м.

**Отсутствие ограждений** допускается только для лестниц, состоящих из 5 ступеней и менее.

### **Методы расчета лестниц.**

Существует несколько формул определения оптимального соотношения размеров проступей и подступенков, которые служат для правильного расчета лестниц.

**1. Формула, основанная на длине шага.** Длина шага человека составляет от 60 до 66 см. в среднем — 63 см. Исходя из этого, удобство лестницы определяет формула

$$2H + B = 63 + -3 \text{ см.}$$

где В — ширина ступени,  
Н—высота ступени

При увеличении высоты подступенка на 1 см надо сокращать ширину проступи на 2 см, при этом уклон увеличится. При большем уклоне проступь становится слишком узкой, а при меньшем уклоне — проступь излишне широкая.

**2. Формула удобства** позволяет определить уклон, который требует наименьших затрат сил при подъеме по лестнице.

$$B-H=12\text{см.}$$

### 3. Формула безопасности

$$B + H = 46 \pm 1 \text{ см.}$$

Безопасность спуска по лестнице зависит в первую очередь от правильного определения размеров проступи. При слишком маленькой ширине проступи возникает опасность соскальзывания ноги, при слишком широкой проступи при спуске человек как бы зависает на краю ступени.

Для расчета параметров лестницы, удобной для ходьбы, принимается уклон марша в пределах 1:2 — 1:1,75.

Зная уклон и высоту марша Н, определяем длину его горизонтального заложения В. При уклоне марша 1:2 длина его заложения, к примеру, определится по формуле

$$H/L=1/Y$$

откуда

$$L=H*Y,$$

где Y — знаменатель относительной величины принятого уклона марша.

Затем рассчитывается количество ступеней в марше по формуле

$$X=L/B+1.$$

где X — количество ступеней,

L — длина заложения марша.

Разделив высоту марша на количество ступеней, получим высоту ступени Н.

Расчеты габаритов лестниц с забежными ступенями, винтовых лестниц, лестниц с четвертьоборотными маршами более сложные, они приводятся в специальной литературе по лестницам.

### Расчет винтовой лестницы

Прежде всего, следует определить габариты проема в перекрытии (от этого зависит длина проступи) и расстояние между этажами (определяет количество ступеней). Также необходимо продумать угол закручивания винтовой лестницы. При прохождении полного круга по винтовой лестнице вы заканчиваете движение в той же точке по горизонтали, откуда его и начали. Если вы строите лестницу посередине помещения, вход на лестницу и выход с нее можно устроить в любом удобном месте. Однако если вы планируете установку лестницы в углу или возле стены, обратите внимание на направление вращения и определите точку входа и выхода с лестницы, вполне вероятно, что вам придется отказаться от 360° вращения лестницы и взять за основу другой угол. В домах мансардного типа нужно учесть высоту до перекрытия, чтобы не удариться головой о конструкции мансарды, как при движении, так и при выходе с лестницы.

Перед строительством лестницы нужно составить проект, в котором определяют длину проступи и количество ступеней. Предположим, что мы проектируем винтовую лестницу с углом поворота 360°, диаметром 2 и высотой 3 м.

Приступаем к проектированию лестницы. Длина окружности лестницы оборотом в  $360^\circ$  исчисляется по формуле:  $L = 2\pi R$ . Длина окружности по линии движения вычисляется по формуле  $L = 2\pi r$ , где  $r = 2R/3$ , так как средняя линия движения по винтовой лестнице находится на расстоянии  $2/3$  радиуса лестницы. Таким образом, длина окружности по средней линии движения составит  $L = 4\pi R/3 = 4 \times 3,14 \times 1000/3 = 4187$  мм (4,19 м).

Этими вычислениями мы получили развертку лестницы, соответствующую обычной одномаршевой лестнице. При высоте этажа (от пола до пола) 3 м рационально принять высоту шага ступенек равной 150 или 200 мм, тогда количество подъемов будет 20 или 15. Предположим, что остановились на варианте лестницы с 15 подъемами. Для 15 подъемов требуется 14 ступенек, последняя 15 ступенька одновременно служит лестничной площадкой. Ширину последней ступени мы можем принять равной ширине двух рядовых ступеней либо трех–четырех. Здесь важно понять, что вступая на первую ступень, общая высота уменьшается на высоту ступени, а в лестницах с поворотом на  $360^\circ$  над головой площадка. При 15 подъемах лестницы высота каждой ступеньки, получается, по 200 мм. Значит, при высоте этажа 3 м мы можем допустить установку площадки шириной в 4 ступени. Поднявшись на четвертую ступеньку, мы теряем 800 мм высоты, а над головой остается еще более 2 м.

Вычислим ширину проступи нашей лестницы по средней линии движения. Она должна подчиняться формулам:  $2a+b = 600\dots 640$  мм или  $a+b = 450 \pm 20$  мм. Подставляя высоту ступеньки в формулы получаем, что ширина проступи по первой формуле должна быть в пределах 200–240 мм, по второй 230–270 мм. А что мы имеем на самом деле? Делим длину развертки 4187 мм на 14 ступенек, получаем 299 мм. Это размеры стандартной лестницы продающейся на строительном рынке, мы ее несколько изменим, поскольку ступенька для такой высоты подъема не проходит по формулам эргономики — она слишком широкая. В ней получается увеличенная ширина шага ( $2 \times 200 + 299 = 699$  вместо 620 мм). Целесообразно довести количество подъемов до 17 (16 ступенек плюс площадка). Тогда ширина проступи составит:  $4187/16 = 262$  мм, а высота подъемов  $3000/17 = 177$  мм. Причем 16 подъемов будут по 177 мм, а самый первый подъем на 9 мм ниже — 168 мм ( $168 + 16 \times 177 = 3000$  мм). Эти размеры ступенек удовлетворяют требованиям эргономики и позволяют нам сделать верхнюю площадку шириной до пяти ступенек, поскольку поднимаясь по лестнице, мы можем позволить себе потерять в высоте до одного метра, а это как минимум 5 подъемов.

Необходимо добавить, что подсчет количества ступенек ведется обычным методом подбора. Надо просто делить высоту этажа на разное количество подъемов и смотреть, какие получаются размеры высоты и ширины ступенек и как они соответствуют нормативным формулам, то есть ширине шага человека. Когда высота лестницы не делится без остатка на количество подъемов с точностью до миллиметра, следует увеличить или уменьшить высоту первой ступени. Разница в размерах не превышает 10 мм, то есть практически незаметна. Все остальные ступеньки марша должны быть абсолютно одинаковыми как по ширине, так и по высоте. Небольшое отклонение по высоте между первой ступенькой и остальными допускается потому, что мы не можем кардинально изменить высоту этажа: она такая, какая она есть. Мы можем ее немного подправить толщинами напольных покрытий и подогнать высоту, чтобы она без остатка делилась на высоту подъемов, а если это невозможно, то изменить высоту первой ступени. Расчет ширины проступей более лоялен. Мы всегда можем слегка увеличить или уменьшить размер лестницы в плане, сделав все ступеньки одинаковой ширины, тем более что речь идет об остатке не более 10 мм. В винтовых лестницах еще проще, здесь все ступеньки забежные и делаются открытыми (без подступёнков), то есть ступеньки «забегают» друг под друга. Незначительное уширение проступей никак не скажется, нижняя ступенька просто чуть глубже «забежит» под верхнюю.

Ширину проступи по линии движения определили, теперь нам нужно рассчитать ширину ступени в узкой части. Ступени обычно нанизывают на стальную трубу диаметром 50



мм, для увеличения жесткости стойки и фиксирования ступеней на определенной высоте между ступеньками вставляются стальные гильзы и выточенные на токарном станке шайбы. Следовательно, общий диаметр центральной опорной стойки будет увеличен. Кроме того, в узкой части ступени будет просверлено отверстие диаметром 50 мм, чтобы ступенька не сломалась, ее нужно расширить, добавив во все стороны вокруг отверстия по размеру, равному одному диаметру (50 мм). Таким образом, получается, что ширина узкой части проступи в месте крепления к обсадной трубе составит  $50+50+50=150$  мм.

Рассчитываем ширину проступи в широкой части ступеней. Длина окружности составит:  $L=2\pi R=2\times 3,14\times 1000=6280$  мм. Количество ступеней — 16 (17 подъемов). Значит, ширина проступи в широкой части ступеней будет равна  $6280/16=393$  мм. Итак, расчетные размеры проступи ступеней (рис. 60) составляют в узкой части 150, по линии движения (на расстоянии двух третей радиуса) — 262, в широкой части — 393 мм. Ступень можно изготовить по этим размерам, но в реальности форму ступени упрощают, соединяя линии разметки широкой и узкой части проступи. Размер ширины проступи по линии движения при этом увеличивается. Однако это мнимое увеличение, ступень действительно становится шире, но когда лестница будет полностью собрана, ширина проступи по линии движения будет равна расчетной. Ступеньки просто «забегут» друг под друга.

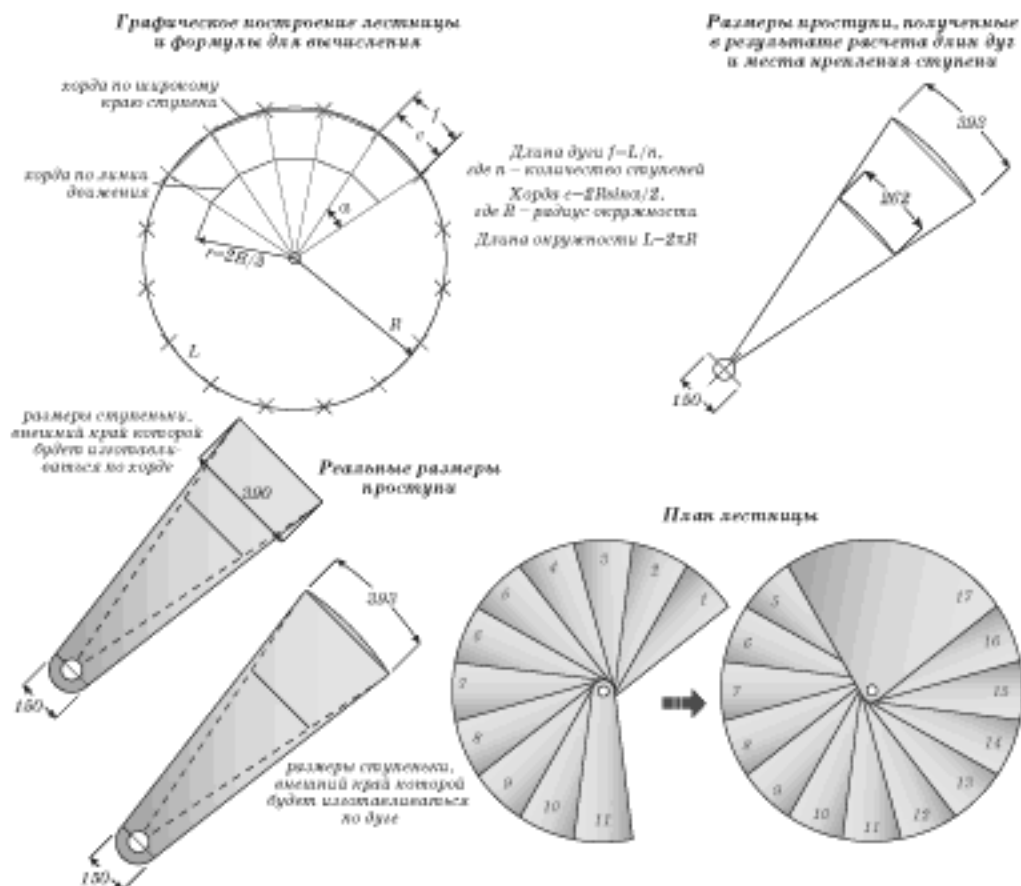


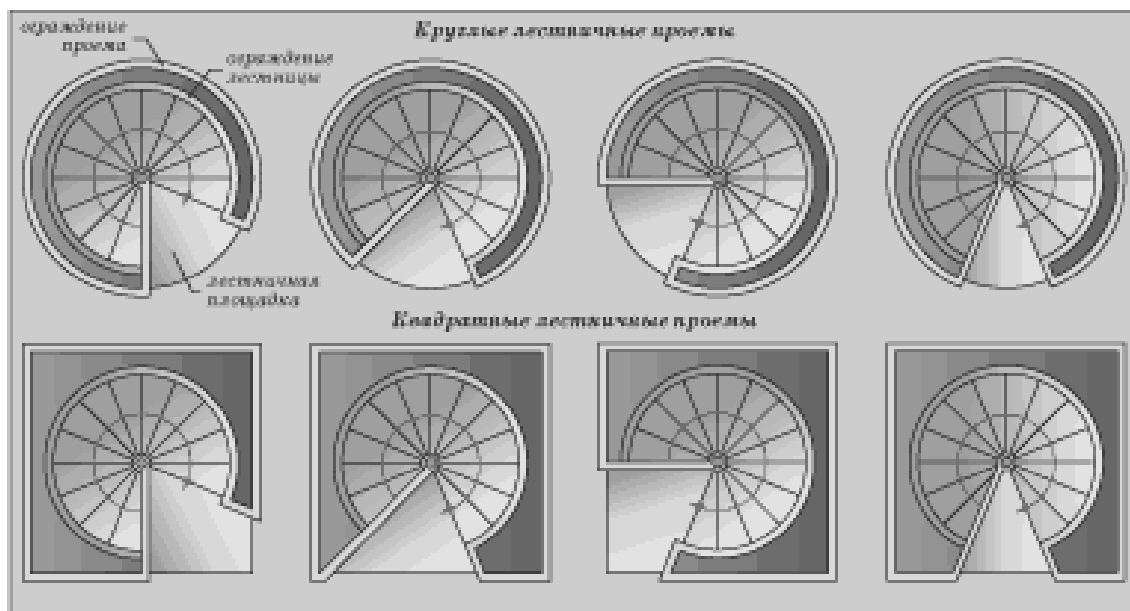
Рис. 8. Расчет размеров проступи винтовой лестницы.

Не забываем, что полученные нами расчетные размеры справедливы только для радиуса лестницы равному 1 м. При изменении радиуса либо при изменении положения линии движения, например, приняв ее равной  $R/2$ , размеры проступи будут другими. Почему можно

изменить положение линии движения? Потому, что человек вообще не может неосознанно ходить строго прямо либо по нарисованной или воображаемой линии. В винтовых лестницах, где ступени клинообразные, размер проступи уменьшается от наружной границы лестницы к ее центру. Как бы мы не рассчитывали линию движения, одна нога все равно идет по широкой части ступени, другая по узкой. Многие изготовители винтовых лестниц давно перестали задумываться над этим вопросом и делают свои лестницы с подъемами 200 мм (14 ступеней, 15 подъемов), а ширина проступи у них получается такой, какой получается в зависимости от диаметра лестницы. Человек, пользующийся лестницей, сам найдет, где ему удобнее идти, ближе к краю или ближе к центру.

Все вышеприведенные расчеты велись по длине окружности и дуг. В связи со сложностью применения этих величин при натурной разметке ступеней, в расчетах лучше использовать хорды. Длина хорды вычисляется по формуле  $c=2R\sin\alpha/2$ . Тем, кому вычисления с синусами кажутся слишком сложными, можно отказаться от такого расчета и считать хорды равными соответствующим длинам дуг, но учтите, что ступени при этом будут шире, чем нужно, следовательно, и нависание их друг над другом будет больше.

Для определения размера верхней ступени — лестничной площадки нужно понять, как лестница будет ориентирована в помещении. Лестница круглая, ее можно повернуть как угодно и обеспечить удобный заход на нее, но при этом нужно продумать, как сделать с нее выход. Размеры площадки вычисляются, исходя из планировки второго этажа.



*Рис. 9. Варианты расположения лестничных площадок винтовых лестниц*

## 7. ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Понятие «прочность конструкции».
2. Понятие «жесткость конструкции».
3. Понятие «Устойчивость».
4. Понятие «Брусья». Основные геометрические характеристики бруса.
5. Понятие «стержень».
6. Понятие «оболочка».
7. Сосредоточенные силы.
8. Распределенные нагрузки.
9. Статические нагрузки.
10. Динамические нагрузки.
11. Фрикционные передачи и вариаторы.
12. Ременная передача.
13. Дайте определение следующим основным параметрам зубчатой передачи: профиль зубьев, начальная и делительная окружности, шаг, модуль, окружность выступов, окружность впадин.
14. Опишите принцип работы фрикционных передач и вариаторов. Укажите их достоинства, недостатки и область применения.
15. Передаточные отношения.
16. Цепная передача.
17. Червячная передача.
18. Мальтийские механизмы.
19. Условные обозначения, принятые на принципиальных схемах.
20. Поступательная пара. Плоская пара.
21. Храповые механизмы.
22. Дайте определение механической передачи. Приведите классификацию механических передач и основные требования, определяющие выбор того или иного вида передачи.
23. Опишите принцип работы планетарных и червячных передач. Укажите их достоинства, недостатки и область применения.
24. Опишите принцип работы зубчатых передач. Укажите их достоинства, недостатки и область применения.
25. Опишите принцип работы ременной передачи. Укажите ее достоинства, недостатки и область применения.
26. Приведите примеры и опишите принцип работы механизмов движения с остановками.
27. Опишите принцип работы цепной передачи. Укажите ее достоинства, недостатки и область применения.
28. Опишите принцип работы кулачковых механизмов. Укажите их достоинства, недостатки и область применения.
29. Опишите принцип работы кривошипно-шатунного и кривошипно-балансирного механизмов. Укажите их достоинства, недостатки и область применения.
30. Опишите принцип работы зубчато-реечного и винтового механизмов. Укажите их достоинства, недостатки и область применения.
31. Опишите принцип работы червячной передачи. Укажите ее достоинства, недостатки и область применения.

32. Упругие деформации.
33. Метод сечений.
34. Абсолютное удлинение стержня.
35. Относительное удлинение стержня.
36. Сопротивление материалов как наука. Цели и задачи.
37. Деформация кручения.
38. Клеевые соединения.
39. Понятия «Прочность», «Жесткость», «Устойчивость».
40. Расчеты на прочность при кручении.
41. Соединения замазкой.
42. Элементы конструкций. Брусья. Стержни.
43. Деформация изгиба. Поперечный изгиб.
44. Соединение заформовкой.
45. Элементы конструкций. Оболочки. Плиты.
46. Распределение нормальных напряжений при изгибе.
47. Резьбовые соединения.
48. Понятие «Нагрузка». Внешние силы.
49. Типовые профили балок при изгибе. Осевой момент сопротивления при изгибе.
50. Шпоночные соединения.
51. Сосредоточенные и распределенные нагрузки. Статические и динамические нагрузки.
52. Расчеты на прочность при изгибе.
53. Шлицевые соединения.
54. Понятие «Деформация». Упругая и пластическая деформация.
55. Определение опасного сечения при изгибе. Построение эпюры изгибающих моментов для консольной балки.
56. Клиновые и штифтовые соединения.
57. Метод сечений.
58. Построение эпюры изгибающих моментов для двухопорной балки.
59. Детали передач вращательного движения. Оси и валы.
60. Напряжение. Нормальное и касательное напряжение.
61. Продольный изгиб.
62. Опоры осей и валов. Подшипника качения. Подшипника скольжения.
63. Схемы определения внутренних сил упругости при растяжении, при сжатии, при кручении.
64. Сложная деформация. Растяжение с изгибом.
65. Муфты. Упругие элементы.
66. Действительные, предельно опасные и допускаемые напряжения.
67. Сложная деформация. Изгиб с кручением.
68. Стандартизация. Унификация. Агрегатирование.
69. Основные гипотезы сопротивления материалов.
70. Проектный и проверочный расчет при решении практических задач.
71. Категории стандартов.
72. Типы деформаций.
73. Основные гипотезы сопротивления материалов.
74. Взаимозаменяемость.
75. Деформация растяжения (сжатия). Распределение напряжений.
76. Детали. Детали общего назначения. Требования к деталям.
77. Точность. Погрешность.

78. Абсолютное и относительное удлинение стержня. Закон Гука.
79. Разъемные и неразъемные соединения.
80. Идеальный и реальный механизм. Ошибки при изготовлении и сборке механизмов. Виды ошибок.
81. Модуль упругости первого рода (Модуль Юнга).
82. Заклепочные соединения.
83. Сопрягаемые детали. Допуски и посадки. Размеры: номинальный, действительный, предельный.
84. Коэффициент поперечной деформации (Пуассона) при растяжении (сжатии).
85. Соединения гибкой.
86. Отклонения размеров: предельные верхнее и нижнее. Допуск размера. Поле допуска.
87. Сжатие. Смятие.
88. Сварные соединения.
89. Посадка. Виды посадок. Зазор. Натяг. Примеры применения. Система вала и система отверстия.
90. Расчеты на прочность при растяжении и сжатии.
91. Соединение пайкой.
92. Шероховатость. Линия выступов и впадин. Шаг неровностей. Высота микронеровностей. Среднее арифметическое отклонение профиля.
93. Деформация сдвига. Расчеты на прочность при сдвиге.
94. Прессовые соединения.
95. Обозначение шероховатости на чертежах.

## 8. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### *ОСНОВНОЙ*

1. Проектирование и моделирование промышленных изделий: учеб. для вузов / С.А. Васин [и др.]. - М.: Машиностроение-1, 2004. - 692 с., ил.
- 2 Квасов, А.С. Основы художественного конструирования промышленных изделий : учеб.пособие для вузов / А.С.Квасов .— М. : Гардарики, 2006 .— 95с. : ил.
- 3 Дунаев, П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин : учебное пособие для втузов / П.Ф.Дунаев,О.П.Леликов .— 11-е изд., перераб.и доп. — М. : Академия, 2008 .— 496с. : ил.
- 4 Лицкевич, В.К. Архитектурная физика : учебник для вузов / В.К.Лицкевич [и др.];под ред.Н.В.Оболенского .— Стер.изд. — М. : Архитектура-С, 2007 .— 448с.
- 5 Лицкевич, В.К. Архитектурная физика : учебник для вузов / В.К.Лицкевич [и др.];Под ред.Н.В.Оболенского .— Стер.изд. — М. : Архитектура-С, 2005 .— 448с.
- 6 Благовещенский, Ф.А. Архитектурные конструкции : учебник / Ф.А.Благовещенский,Е.Ф.Букина .— Изд.стер. — М. : Архитектура-С, 2007 .— 232с.

- 7 Блази, В. Справочник проектировщика. Строительная физика : учебное пособие для вузов / В. Блази; пер. с нем. под ред. А. К. Соловьева. — 2-е изд., испр. — М. : Техносфера, 2005. — 480с.

### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЙ

1. Балдин, В.А. Детали машин и основы конструирования. Передачи : учеб. пособие для вузов / В.А. Балдин, В.В. Галевко. — М. : Академкнига, 2006. — 332с. : ил.
2. Скойбеда, А.Т. Детали машин и основы конструирования : учебник для вузов / А.Т. Скойбеда, А.В. Кузьмин, Н.Н. Макейчик; под общ. ред. А.Т. Скойбеда. — 2-е изд., перераб. — Минск : Вышэйш. шк., 2006. — 560с. : ил.
3. Детали машин и основы конструирования. Сборник тестовых заданий для самостоятельной работы студентов : учеб. пособие для вузов / В. Б. Моисеев [и др.] ; Пензенский ГУ. — Пенза : Изд-во ПГУ, 2004. — 268 с. : ил.
4. Конструирование : Учеб. пособие для вузов. Ч.1 / С.А. Васин, Н.Н. Бородкин, Л.А. Морозова, В.А. Редько; ТулГУ. — Тула : Изд-во ТулГУ, 2003. — 144с. : ил.
5. Конструирование : Учеб. пособие для вузов. Ч.2 / С.А. Васин, Н.Н. Бородкин, Л.А. Морозова, В.А. Редько; ТулГУ. — Тула : Изд-во ТулГУ, 2003. — 184с. : ил.
6. Шарипов, В.М. Конструирование и расчет тракторов : Учебник для вузов / В.М. Шарипов. — М. : Машиностроение, 2004. — 592с. : ил.
7. Конструирование приборов : лаборатор. практикум / БНТУ, Каф. "Конструирование и производство приборов" ; сост. С. Н. Суровой, В. Г. Смирнов, В. Л. Юрчик. — Минск, 2008. — 92 с. : черт.
8. Нехаев, Геннадий Алексеевич. Металлические конструкции в примерах и задачах : учеб. пособие / Г. А. Нехаев, И. А. Захарова. — М. : АСВ, 2010. — 140 с. : ил. —
9. Анурьев, В.И. Справочник конструктора-машиностроителя : в 3-х т. / В.И. Анурьев. — Тула, 2007. — 1 опт. диск.(CD ROM).
10. Чернилевский, Д.В. Детали машин и основы конструирования : учебник для вузов / Д.В. Чернилевский. — М. : Машиностроение, 2006. — 656с. : ил.
11. Иванов, А.С. Конструируем машины. Шаг за шагом : в 2 ч. Ч.2 / А.С. Иванов. — М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. — 392с. : ил.
12. Крайнев, А.Ф. Идеология конструирования / А.Ф. Крайнев. — М. : Машиностроение-1, 2003. — 384с. : ил.
13. DOMUS : Архитектура, интерьеры, дизайн, искусство. — М. : Салон-Пресс
14. SALON -interior : Частный интерьер России. — М. : САЛОН-ПРЕСС
15. Автомобильный транспорт : ежемесячный иллюстрированный массово-производственный журнал / Ассоциация международных автомобильных перевозчиков. — М. : Автомобильный транспорт
16. Безопасность труда в промышленности: Ежемесячный массовый научно-производственный журнал широкого профиля / Госгортехнадзор России. — М. : Недра
17. Дизайн. Материалы. Технологии. — СПб : РосБалт.
18. Интерьер+Дизайн. — М. : ООО "Издательский дом "ОВА-Пресс"
19. Журнал "Автомобильная промышленность"
20. Журнал "Известия вузов. Приборостроение"
21. Журнал "Изобретатель и рационализатор"
22. Журнал "Машиностроитель"
23. Журнал "Моделист-конструктор"

24. Михеев, А.П. Проектирование зданий и застройки населенных мест с учетом климата и энергосбережения : Учеб.пособие для вузов / А.П.Михеев,А.М.Береговой,Л.Н.Петрянина .— 3-е изд.,перераб.и доп. — М. : АСВ, 2002 .— 160с.
25. Холщевников, В.В. Климат местности и микроклимат помещения : Учеб.пособие для вузов / В.В.Холщевников,А.В.Луков .— М. : АСВ, 2001 .— 200с.
26. Захаровская, Н.Н. Метеорология и климатология : учеб.пособие для вузов / Н.Н.Захаровская,В.В.Ильинич .— М. : КолосС, 2004 .— 127с.
27. Иванченко, В.Т. Определение освещенности помещений естественным светом : Учеб.пособие для вузов / В.Т.Иванченко .— М. : АСВ, 2002 .— 80с.
28. СНиП 31-01-2003 "Здания жилые многоквартирные" (приняты постановлением Госстроя РФ от 23 июня 2003 г. N 109)
29. Тарасова Г.Г. Архитектурные конструкции и детали:учеб.-методическое пособие. Минск, 2006. - 72с.
30. Фрей, Х. Справочник строителя .Строительная техника, конструкции и технологии. Т.1 : в 2 т. / Х.Фрей [и др.];под ред.Х.Нестле;пер.с нем.А.К.Соловьева .— М. : Техносфера, 2007 .— 520с.
31. Фрей, Х. Справочник строителя. Строительная техника, конструкции и технологии. Т.2 : в 2 т. / Х.Фрей [и др.];под ред.Х.Нестле;пер.с нем.А.К.Соловьева .— М. : Техносфера, 2007 .— 344с.

### **Интернет-ресурсы**

1. <http://bookfi.org/book/594627> Барташевич А.А., Трофимов С.П. Конструирование мебели. Учебник.
2. <http://www.knigafund.ru/books/114378> : Чернилевский Д.В. Детали машин и основы конструирования. Учебник для вузов.
3. <http://www.bazisssoft.ru/content/view/117/126/> Батырева И.М., Бунаков П.Ю. Автоматизация конструирования и технологической подготовки производства мебели. Учебник для вузов.