

Государственное бюджетное
профессиональное образовательное учреждение
«Кунгурский колледж агротехнологий и управления»



**Методические рекомендации по выполнению
практических работ по учебной дисциплине**

ОП.02 Техническая механика


по специальности 35.02.08. Электротехнические системы
в агропромышленном комплексе (АПК)

2023 г.

Рассмотрено и одобрено на
заседании методической комиссии
технических дисциплин
Протокол №1
От «_31_»_08_2023 г.

Председатель МК
 Н.В.Склюева

Утверждаю
Зам. директора

 Л.И.Петрова

Методические рекомендации для обучающихся по выполнению практических работ разработаны на основе Федерального государственного образовательного стандарта, рабочей программы учебной дисциплины ОП.02 «Техническая механика» по специальности среднего профессионального образования 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК)

Разработчик: ГБПОУ «КСХК», Шахов А.И - преподаватель.

Введение

Методические рекомендации по выполнению практических занятий по дисциплине составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом, учебным планом, рабочей программой учебной дисциплины ОП.02 «Техническая механика» по специальности среднего профессионального образования (далее - СПО) 35.02.08 Электротехнические системы в агропромышленном комплексе (АПК)

Практические занятия относятся к основным видам учебных занятий и составляют важную часть практической подготовки будущих специалистов.

Ведущей дидактической целью предлагаемых практических занятий является закрепление теоретических знаний по дисциплине, формирование практических умений, способствующих формированию общих и профессиональных компетенций, необходимых в последующей профессиональной деятельности.

В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются: решение практических задач, анализ полученного решения, сравнения методов решения, определение границ их применения, работа с Интернет-ресурсами, проведение простейших исследовательских работ.

Задачами выполнения практических занятий являются:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проективных, конструктивных и др.;
- совершенствование умений и навыков самостоятельной работы с научной, справочной, методической литературой, Интернет-ресурсами и другой информацией, необходимой для повышения эффективности профессиональной деятельности, профессионального самообразования и саморазвития;
- формирование у студентов навыков исследовательской деятельности;
- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, коммуникабельность, мобильность, конкурентоспособность, ответственность, точность, творческая инициатива.

В методических рекомендациях представлены практические работы, которые включают цели, , алгоритм выполнения, методические указания к их выполнению, контрольные вопросы, список рекомендуемой литературы.

Раздел 2.

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 1

Определение параметров прямозубого зубчатого колеса

Цель: Научиться определять размеры прямозубого цилиндрического колеса замером и вычислением, выполнять эскиз колеса в масштабе.

Оборудование и инструмент: Прямозубое цилиндрическое колесо, штангенциркуль.

Теоретическое обоснование

В прямозубой передаче зубья входят в зацепление по всей длине. Вследствие погрешностей изготовления передачи и ее износа при работе процесс выхода одной пары зубьев из зацепления и начало зацепления другой пары сопровождаются ударами и шумом, величина которых возрастает с увеличением окружной скорости колес. Прямозубые передачи поэтому применяют при невысоких окружных скоростях.

Элементы эвольвентных зубчатых колес стандартизованы.

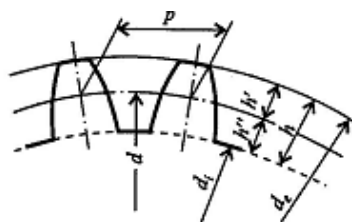


Рисунок 1.1

1 Шаг зубьев по делительной окружности $p = \pi d/z$,

где z – число зубьев

2 Основной параметр - модуль зубьев $m = \frac{p}{\pi}$, мм

$T_1 = T_2 = T$, так как в зацеплении могут быть зубчатые колеса только одного модуля.

Модуль стандартизован - 1 ряд: 1; 1,25; 1,5; 2; 2,5; 3; 4; 5; 6; 8 ... 80

3 Диаметр делительной окружности: $d = mz$

4 Делительная окружность делит зуб по высоте на 2 части: головку и ножку

– Высота головки $h_a = m$

– Высота ножки $h_f = 1,25m$.

– Высота зуба $h = 2,25m$

5 Диаметр окружности выступов $d_a = m(z + 2)$

6 Диаметр окружности впадин $d_f = m(z - 2,5)$

7 Расстояние между центрами двух зубчатых колес, находящихся в зацеплении:

$$a_w = \frac{d_1}{2} + \frac{d_2}{2} = \frac{m_1 z_1}{2} + \frac{m_2 z_2}{2} = m \frac{z_1 + z_2}{2},$$

Размеры зубчатой передачи могут быть уменьшены при заданном передаточном отношении путем уменьшения числа зубьев меньшего колеса. При изготовлении колеса с малым числом зубьев может происходить *подрезание зубьев*, т. е. врезание головки зуба стандартного инструмента — рейки, червячной фрезы или долбяка — в ножку зуба колеса (рисунок 1.2). При этом значительно снижается прочность зуба. При проектировании зубчатых передач не следует принимать число зубьев колеса меньше z_{min} , значение которого для приводных передач рекомендуется $z_{min} \geq 17$.

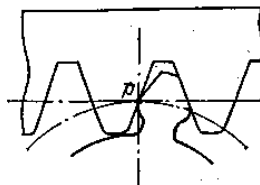


Рисунок 1.2

Корригированием называется улучшение профиля зуба. Корригирование применяется для устранения подрезания зубьев шестерни при $z < z_{min}$.

В зависимости от назначения, размеров и технологии получения заготовки зубчатые колеса имеют различную конструкцию. Цилиндрические и конические шестерни выполняют как одно целое с валом (вал-шестерня). Это объясняется тем, что раздельное изготовление увеличивает стоимость производства вследствие увеличения числа посадочных поверхностей, требующих точной обработки, а также вследствие необходимости применения того или иного соединения (например, шпоночного).

Насадочные шестерни применяют в случаях, когда они должны перемещаться вдоль вала или в зависимости от условий сборки.

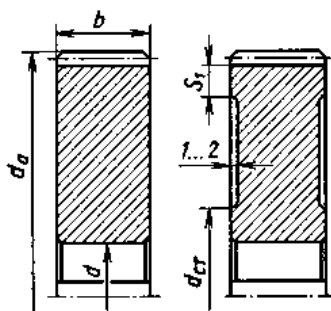


Рисунок 1.3 - Монолитные зубчатые колеса:

$$S_1 = 2,5m + 2 \text{ мм}; \quad d_{cr} = 0,5d + 10 \text{ мм}$$

При диаметре окружности вершин $d_a \leq 150$ мм колеса изготавливают в форме сплошных дисков из проката или из поковок (рисунок 1.3). Зубчатые колеса диаметром $d_a \leq 500$ мм получают ковкой (рисунок 1.4), отливкой или сваркой. Колеса диаметром $d_a > 500$ мм выполняют отливкой или сваркой. Бандажированные или свертные колеса применяют в целях экономии легированных сталей.

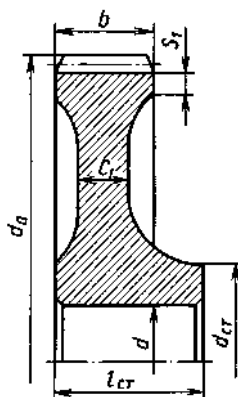


Рисунок 1.4 - Конструкция кованного колеса при $d_a \leq 500$ мм:

$$S_1 = 2,5 m + 2 \text{ мм}; \quad S_2 = 2,5 m_e(m_{te}) + 2 \text{ мм}; \quad d_{cr} = 1,5d + 10 \text{ мм};$$

$$l_{cr} = (0,8...1,5)d; \quad C_1 = 0,4...0,5b; \quad C_2 = (2...2,5)S_2$$

Основные конструктивные элементы колеса – обод, ступица и диск (рисунок 1.5).

Обод с зубчатым венцом шириной b воспринимает нагрузку от зубьев и должен быть достаточно прочным и в то же время податливым, чтобы способствовать равномерному распределению нагрузки по длине зуба. Жесткость обода обеспечивает его толщина S .

Ступица - выступающая часть колеса с размерами: d_{cr} , l_{cr} и посадочным отверстием d . Ступица служит для соединения колеса с валом и может быть располо-

жена симметрично, несимметрично относительно обода или равна ширине обода. Это определяется технологическими или конструктивными условиями. Длина ступицы $l_{ст}$ должна быть оптимальной, чтобы обеспечить, с одной стороны, устойчивость колеса на валу в плоскости, перпендикулярной оси вала, а с другой — получение заготовок ковкой и нарезание шпоночных пазов методом протягивания.

Диск соединяет обод и ступицу. Его толщина S определяется в зависимости от способа изготовления колеса. Иногда в дисках колес выполняют отверстия, которые используют при транспортировке и обработке колес, а при больших размерах и для уменьшения массы. Диски больших литых колес усиливают ребрами или заменяют спицами. Острые кромки на торцах ступицы и углах обода притупляют фасками f .

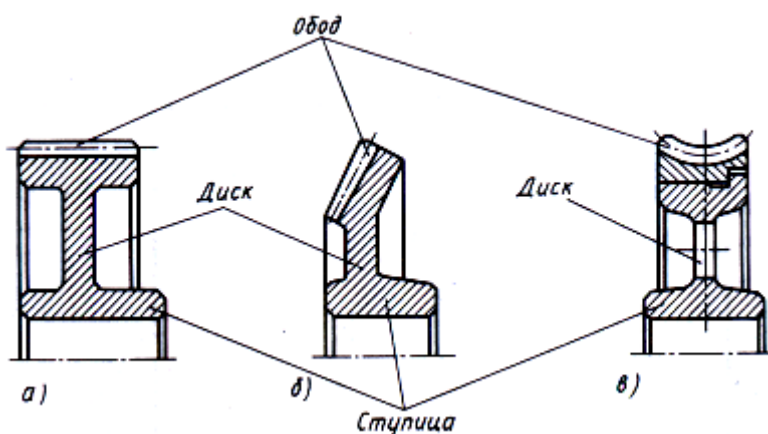


Рисунок 1.5 – Основные конструктивные элементы колеса

Практическая часть

Ознакомиться с конструкцией зубчатого колеса, назначением его отдельных частей. Путем замеров и вычислений определить основные параметры и размеры колеса, результаты занести в таблицу 1.1

Выполнить эскиз зубчатого колеса в масштабе по размерам, найденных замером.

Отчет о работе

- Тема;
- Цель;
- Оборудование и инструменты;
- Таблица основных параметров (таблица 1.1);
- Эскиз зубчатого колеса в масштабе 1:1;

- *Ответы на контрольный тест;*
- *Выводы о проделанной работе.*

Контрольный тест № 1

1. Можно ли при неизменной передаваемой мощности с помощью зубчатой передачи получить больший крутящий момент?
 - а. Нельзя.
 - б. Можно, уменьшая частоту вращения ведомого вала.
 - в. Можно, увеличивая частоту вращения ведомого вала.
 - г. Можно, но с частотой вращения валов это не связано.
2. Сравнивая зубчатые передачи с другими механическими передачами, отмечают следующие достоинства:
 - А сложность изготовления и контроля зубьев;
 - Б невозможность проскальзывания;
 - В низкий КПД;
 - Г большие габариты;
3. Чтобы зубчатые колеса могли быть введены в зацепление, что у них должно быть одинаковым?
 - А. Диаметры.
 - Б. Ширина.
 - В. Число зубьев.
 - Г. Шаг.
4. Какой из приведенных возможных критериев работоспособности зубчатых передач считают наиболее вероятным для передач в редукторном (закрытом) исполнении?
 - А. Поломка зубьев.
 - Б. Усталостное выкрашивание поверхностных слоев.
 - В. Абразивный износ.
 - Г. Заедание зубьев
5. От чего не зависит коэффициент прочности зубьев по изгибным напряжениям (формы зуба)?
 - А. Материала.
 - Б. Числа зубьев.
 - В. Коэффициента смещения исходного контура.
 - Г. Формы выкружки у основания зуба.

Таблица 1.1

№	Величина и её размерность	Обозначение	Способ определения	
			Вычисления	Замер
1	Число зубьев	Z	-	
2	Диаметр вершин, (мм)	d_a	-	
3	Модуль зубьев, (мм) (округляем до стандартного значения)	m	$m = d_a / (z+2)$	
4	Делительный диаметр, (мм)	d	$d = mz$	
5	Диаметр впадин, (мм)	d_f	$d_f = m(z-2,5)$	
6	Ширина венца, (мм)	b	-	
7	Диаметр посадочного отверстия, (мм)	d_0	-	
8	Диаметр ступицы, (мм)	$d_{ст}$	-	
9	Длина ступицы, (мм)	$l_{ст}$	-	
10	Толщина обода, (мм)	S_1	-	
11	Толщина диска, (мм)	C_1	-	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 2

Изучение конструкции червячного редуктора

Цель работы: Ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей; определение основных параметров червячной пары путем замера и расчета; изучение способов регулировки закрепления червячной пары.

Оборудование и инструмент: червячный редуктор, набор гаечных ключей и отверток, штангенциркуль, масштабная линейка, краска для проверки пятна контакта, набор регулировочных прокладок, сборочный чертеж редуктора.

Теоретическое обоснование

Редуктором называется механизм, состоящий из зубчатых или червячных передач, выполненных в виде отдельного закрытого агрегата, и служащий для передачи мощности от двигателя к рабочей машине. *Назначение редуктора* – понижение угловой скорости и соответственно повышение вращающего момента ведомого вала по сравнению с ведущим.

Червячная передача имеет перекрещивающиеся оси валов, обычно под углом 90° . Она состоит из червяка – винта с трапециевидальной резьбой и зубчатого червячного колеса с зубьями соответствующей специфической формы. Червячная или зубчато-винтовая передача относится к передачам зацеплением с перекрещивающимися осями валов. Движение в червячных передачах осуществляется по принципу винтовой пары. Изобретателем червячных передач считают Архимеда.

Достоинства червячных передач:

- большое передаточное отношение (до 80);
- плавность и бесшумность хода.

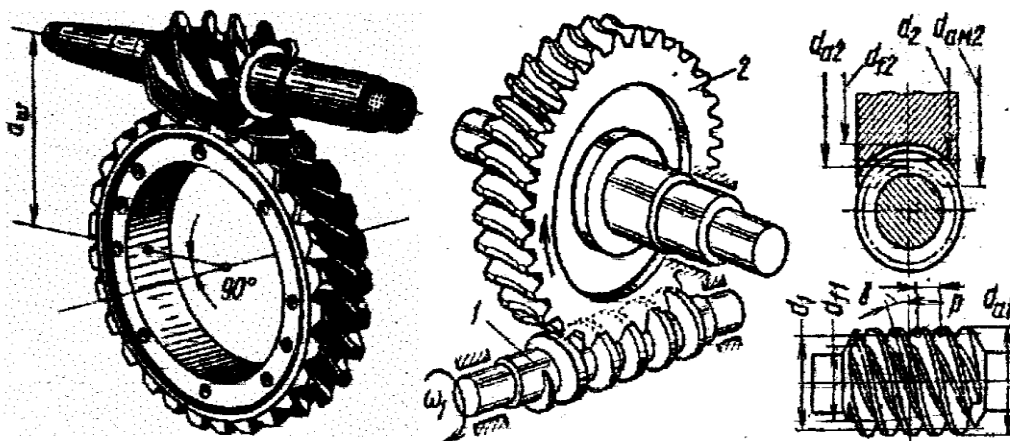


Рисунок 2.1 – Конструкция червячной передачи

В отличие от эвольвентных зацеплений, где преобладает контактное качение, виток червяка скользит по зубу колеса, окружные скорости червяка и колеса не совпадают ни по величине, ни по направлению. Следовательно, червячные передачи имеют "по определению" один фундаментальный недостаток: высокое трение в зацеплении. Это ведёт к низкому КПД (на 20-30% ниже, чем у зубчатых), износу, нагреву и необходимости применять дорогие антифрикционные материалы.

Кроме того, помимо достоинств и недостатков, червячные передачи имеют важное свойство: движение передаётся только от червяка к колесу, а не наоборот. Никакой вращающий момент, приложенный к колесу, не заставит вращаться червяк. Именно поэтому червячные передачи находят применение в подъёмных механиз-

мах, например в лифтах. Там электродвигатель соединён с червяком, а трос пассажирской кабины намотан на вал червячного колеса во избежание самопроизвольного опускания или падения.

Это свойство не надо путать с реверсивностью механизма. Ведь направление вращения червяка может быть любым, приводя либо к подъёму, либо к спуску той же лифтовой кабины.

Передаточное отношение червячной передачи находят аналогично цилиндрической

$$U = n_1 / n_2 = Z_2 / Z_1.$$

Здесь Z_2 – число зубьев колеса, а роль числа зубьев шестерни Z_1 выполняет число заходов червяка, которое обычно бывает равно 1, 2, 3 или 4.

Очевидно, что однозаходный червяк даёт наибольшее передаточное отношение, однако наивысший КПД достигается при многозаходных червяках, что связано с уменьшением трения за счёт роста угла трения.

Основные причины выхода из строя червячных передач:

- поверхностное выкрашивание и схватывание;
- излом зуба.

Это напоминает характерные дефекты зубчатых передач, поэтому и расчёты проводятся аналогично.

Вследствие нагрева, вызванного трением, червячные передачи нуждаются также и в тепловом расчёте. Практика показывает, что механизм опасно нагревать выше 95°C . Допускаемая температура назначается 65°C .

В случае, когда расчётная температура превышает допускаемую, то следует предусмотреть отвод избыточной теплоты. Это достигается ребрением редуктора, искусственной вентиляцией, змеевиками с охлаждающей жидкостью в масляной ванне и т.д.

Оптимальная пара трения это "сталь по бронзе". Поэтому при стальном червяке червячные колёса должны выполняться из бронзовых сплавов. Однако цветные

СОЕДИНЕНИЕ ВЕНЦА СО СТУПИЦЕЙ

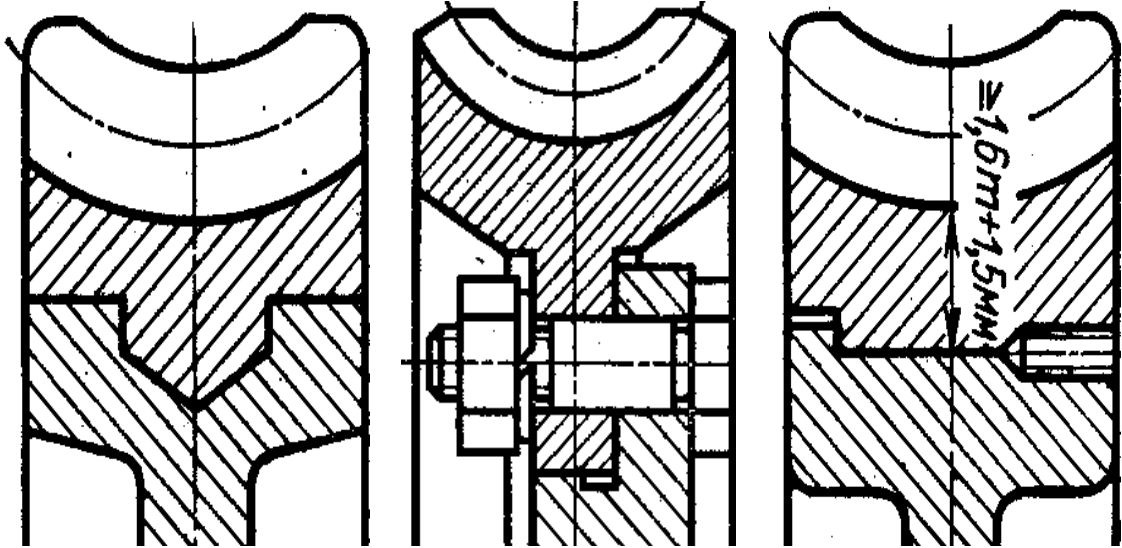


Рисунок 2.2

металлы дороги и поэтому из бронзы выполняется лишь зубчатый венец, который крепится на сравнительно дешёвой стальной ступице. Таким образом, червячное колесо - сборочная единица, где самые популярные способы крепления венца это либо центробежное литьё в кольцевую канавку ступицы; либо крепление венца к ступице болтами за фланец; либо посадка с натягом и стопорение винтами для предотвращения взаимного смещения венца и ступицы.

Крепление венца к ступице должно обеспечивать фиксацию как от проворота (осевая сила червяка = окружной силе колеса), так и от осевого "снятия" венца (окружная сила червяка = осевой силе колеса).

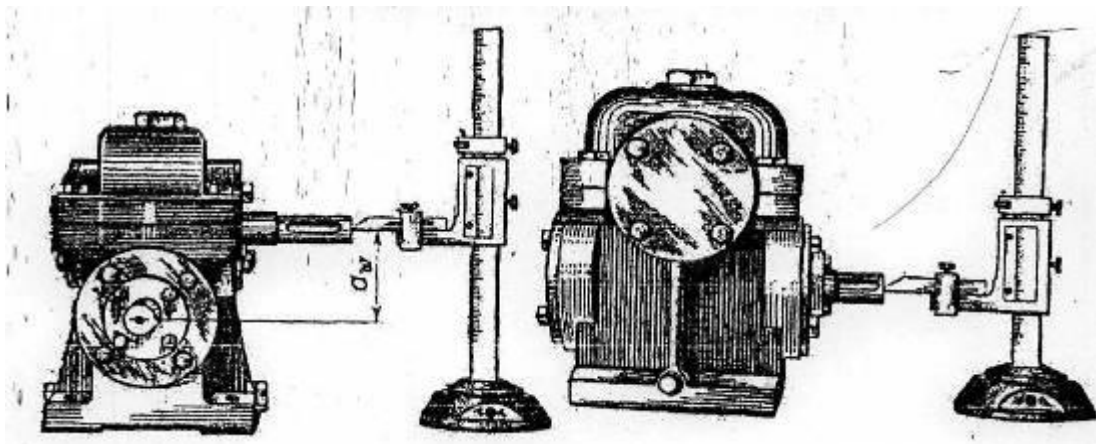


Рисунок 2.3

Большое скольжение в червячных передачах вызывает повышенный износ и склонность к заеданию (основные недостатки червячных передач). Кроме того, долговечность, несущая способность и к.п.д. червячных передач зависят от величины и равномерности контактной площадки зацепления, которая наряду с деформацией червяка и точностью изготовления зубьев колеса и витков червяка, зависит от правильного взаимного расположения элементов зацепления, обеспечиваемого при монтаже.

Показателями точности монтажа силовых червячных передач являются: величина и характер пятна контакта между зубьями колеса и витками червяка; величина смещения средних плоскостей колеса и червяка; величина отклонения от номинального межосевого расстояния, определяющего величину радиального зазора в зацеплении.

Таким образом, правильность зацепления червячной пары является одним из существенных факторов, характеризующих надежность передачи. Следовательно, при сборке червячных редукторов на обеспечение правильного зацепления элементов следует обратить внимание.

Практическая часть

1 Произвести внешний осмотр редуктора и наметить план его разборки.

2 Замерить 2-3 раза расстояние между осями валов (как показано на рисунке 2.1) и округлить его до ближайшего стандартного по ГОСТу.

Величину " a_w " занести в таблицу отчета.

3 Отвинтить крепежные элементы крышки корпуса и крышек подшипниковых узлов, снять крышки и ознакомиться с внутренним устройством редуктора. Особое внимание следует обратить на способ регулировки подшипников и правильность зацепления червячной пары.

4 Вынуть червячное колесо редуктора вместе с валом, а также червяк с деталями на нем (детали и подшипники с валов не снимать). Ознакомиться с конструкцией колеса и червяка, путем замера и расчета определить их размеры и параметры. Результаты занести в таблицу 2.1 отчета.

5 Выполнить кинематическую схему редуктора.

6 Произвести сборку редуктора в последовательности, обратной разборке.

7 На очищенные 3-4 зуба колеса тонким равномерным слоем нанести краску и, проворачивая червяк, наблюдать пятно контакта на зубьях колеса. Если оно смещено влево или право, то соответствующим подбором регулировочных прокладок (рисунок 2.2) добиться, чтобы пятно контакта расположилось симметрично, т.е. чтобы средняя плоскость червячного колеса проходила через центр червяка. Этим обеспечивается нормальное зацепление червячной пары.

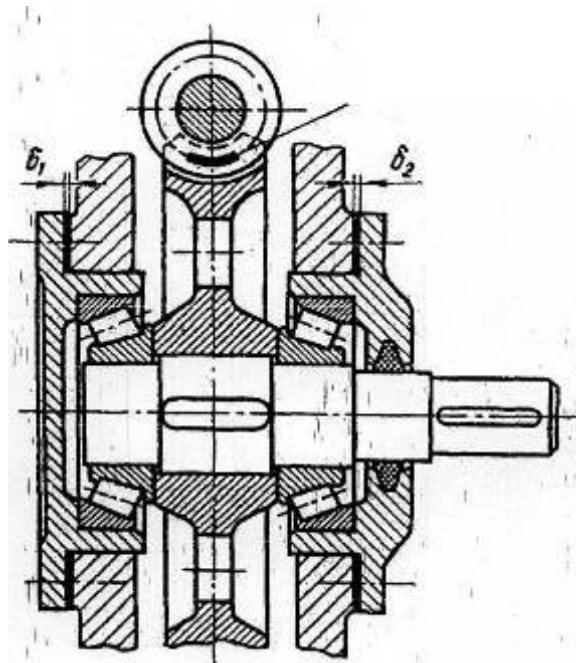


Рисунок 2.2

Отчет о работе

- Основные параметры исследуемого редуктора (таблица 2.1);
- Кинематическая схема редуктора;
- Ответы на контрольный тест;
- Выводы о проделанной работе.

Контрольный тест № 2

1. В каком случае можно применить червячную передачу?
- А. Оси валов параллельны.
 - Б. Пересекаются под некоторым углом.
 - В. Пересекаются под прямым углом.
 - Г. Скрещиваются под прямым углом.
2. . Как обычно в червячных передачах передается движение?
- А. От червяка к колесу.
 - Б. От колеса к червяку.
 - В. И от колеса к червяку и наоборот.
 - Г. Зависит от типа передачи (с цилиндрическим червяком, с глобоидальным червяком).
3. Червячную передачу отличают:
- А) плавность, бесшумность работы;
 - Б) относительно большие потери на трение;
 - В) большие передаточные числа;
 - Г) нереверсивность;
4. В машиностроении применяются червячные передачи с червяками:
- А. архимедовым;
 - Б. конволютным;
 - В. эвольвентным;
 - Г. криволинейного профиля.
5. Какой элемент червячной передачи лимитирует ее работоспособность?
- А. Червяк.
 - Б. Червячное колесо.
 - В. Червяк и колесо в равной степени.
 - Г. Или червяк, или колесо в зависимости от конструкции передачи.

Таблица 2.1

<i>Наименование величины и размерность</i>	<i>Обозначение</i>	<i>Способ определения</i>	<i>Значения величин</i>
Межцентровое расстояние, мм	a_w	Замерить	
Число зубьев колеса	Z_2	Сосчитать	
Число заходов червяка	Z_1	Сосчитать	
Передаточное число	u	$u=Z_2/Z_1$	
Диаметр вершин зубьев, мм	d_{a1} d_{a2}	Замерить Замерить	
Осевой шаг червяка, мм	p	Замерить	

Осевой модуль, мм	m	$m = p/\pi$	
Диаметр делительной окружности червяка, мм	d_1	$d_1 = d_a - 2m$	
Диаметр делительной окружности колеса, мм	d_2	$d_2 = z_2m$	
Относительный диаметр червяка	q	$q = d_1/z_1$	
Угол подъема винтовой линии, град	ψ	$\text{tg } \psi = z_1/q$	
Диаметры впадин зубьев, мм	d_{f1} d_{f2}	$d_{f1} = d_1 - 2,4m$ $d_{f2} = d_2 - 2,4m$	
Длина нарезанной части червяка, мм	b_1	Замерить	
Ширина венца колеса, мм	b_2	Замерить	

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА 3

Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора, применяемого в приводе станка - качалки

Цель: Ознакомление с конструкцией редуктора и назначением его деталей; составление кинематической схемы реального зубчатого редуктора; определение основных параметров зубчатых пар редуктора путем их замера и расчета.

Оборудование и инструмент: Цилиндрический двухступенчатый редуктор с косозубыми колесами, набор гаечных ключей, отвертки, молоток с мягким бойком, линейка, штангенциркуль, транспортир, схема редуктора, краска для получения отпечатков зубьев.

Теоретическое обоснование

В машиностроении широкое применение находят зубчатые передачи.

По относительному расположению валов в пространстве редукторы бывают горизонтальные и вертикальные; по особенности кинематической схемы – развернутые, соосные, с развернутой ступенью и т.д.

Наиболее распространены двухступенчатые горизонтальные цилиндрические редукторы, выполненные по развернутой схеме. Такие механизмы могут передавать крутящий момент до 10...15 кН·м, их передаточное число обычно составляет $u = 8...50$, КПД до 97 %.

Описание конструкции цилиндрического редуктора

Редуктор состоит из корпуса, узлов зубчатых колес и шестерен с опорами, крышек подшипников и регулировочных колец.

Корпус служит для размещения в нем деталей передач, для обеспечения смазки зубчатых колес и подшипников, предохранения их от загрязнения и для восприятия усилий, возникающих в процессе работы механизма. Корпус должен быть достаточно прочным и жестким, так как в случае его деформации возникает перекося валов, что может привести к повышенному износу зубьев вследствие неравномерности распределения нагрузки и даже к поломке. Для повышения жесткости корпус усиливают ребрами, расположенными на участках размещения опор валов. Для удобства монтажа корпус выполнен разъемным. Плоскость разъема горизонтально проходит через оси валов. Нижняя часть корпуса называется картером, верхняя – крышкой. На крышке имеется смотровое окно, закрытое прямоугольной крышкой с отдушиной, которая служит для выравнивания давления внутри корпуса редуктора с атмосферным. В картере имеется пробка для слива масла и щуп для замера его уровня. Картер и крышку соединяют болтами, которые устанавливают с зазором.

Маслонепроницаемость корпуса и крышки редуктора достигается окрашиванием внутренней поверхности маслостойкой краской или нитроэмалью после очистки от песка и пригара, однако при этом ухудшается условие теплопередачи.

При сборке плоскости стыков смазывают жидким стеклом или щелочным лаком. При этом не рекомендуется ставить прокладки между корпусом и крышкой редуктора, так как они изменяют характер посадки подшипников качения.

Зубчатые колеса служат для передачи вращательного движения. В изучаемом редукторе применены цилиндрические косозубые колеса. По сравнению с прямозубыми косозубые передачи имеют повышенную нагрузочную способность и работают более плавно.

Колеса насаживают на вал по посадке, гарантирующей натяг в сопряжении. В отдельных случаях шестерни изготавливают заодно с валом, получая так называемые валы-шестерни. В данном редукторе в виде вала-шестерни выполнен быстроходный (входной) и промежуточный валы.

Подшипники служат для поддержания вращающихся валов. Подшипник качения состоит из внутреннего и наружного колец с желобами для качения шариков, комплекта шариков (роликов) и сепаратора, удерживающего шарики (ролики) на определенном расстоянии друг от друга. Подшипник надевают на вал по посадке, гарантирующей натяг, наружное кольцо – по переходной посадке. Это делается для облегчения осевых смещений валов при регулировке зацепления, а также для обеспечения поворота наружного кольца с целью уменьшения износа его дорожки. В данной конструкции применены радиальные шариковые подшипники.

Для обеспечения возможности сквозной расточки гнезд противоположных подшипников их конструируют одного диаметра. Расточка гнезд подшипников должна быть выполнена с большой точностью, чтобы избежать перекоса осей, приводящего к неравномерности распределения нагрузки по длине зуба.

Редукторы с подшипниками качения обычно относятся к легкому и среднему типам. Подшипники качения имеют более высокий КПД, малые габариты по длине, упрощенную конструкцию гнезд, а также малое нагревание. Вопросы смазки подшипников качения решаются проще, чем подшипников скольжения.

Крышки подшипников служат для предотвращения попадания пыли и грязи внутрь корпуса и в подшипниковые узлы и для передачи на корпус осевых усилий. Крышки могут быть глухими и сквозными. В последних проточены отверстия для прохода валов и специальные кольцевые канавки для уплотнения. Крышки могут быть закладные и привертные.

Болтовое соединение для корпуса и крышки редуктора. В болтах, соединяющих корпус и крышку редуктора, необходимо предусмотреть средства против самоотвинчивания гаек, например, в крупных редукторах могут применяться контргайки, а в мелких и средних – пружинные шайбы или стопорные шайбы с лапками.

Штифты. Для точного фиксирования положения крышки относительно корпуса редуктора при совместной расточке гнезд под подшипники и при сборке предусматривается два конических штифта 9, которые располагаются на противоположных концах редуктора несимметрично по длине. При симметричной крышке штифты располагаются таким образом, чтобы при сборке редуктора крышку нельзя было поставить неправильно.

Крышки смотровые. Для осмотра зацепления зубчатых колес и заливки смазочного масла в верхней части редуктора предусматривается отверстие, закрываемое смотровой крышкой с отдушиной.

Смазка редуктора. В настоящее время в машиностроении для смазки передач широко применяют циркулярную или картерную системы смазки. В данной конструкции редуктора использована картерная смазка, которая осуществляется окунанием зубчатых колес в масло, заливаемое в картер редуктора. Этот вид смазки применяют при окружных скоростях зубчатых колес до 12,5 м/с. При более высоких окружных скоростях масло сбрасывается с зубьев центробежной силой и зацепление работает при недостатке смазки. Быстроходное колесо двухступенчатого цилиндрического горизонтального редуктора должно быть погружено в масляную ванну на глубину до $5m$ (m – модуль зацепления).

Минимальный объем залитого масла в зубчатых передачах составляет 0,4...0,6 литров на 1кВт передаточной мощности. При работе передачи внутри корпуса создается масляный туман. Конденсируясь на стенках, масло стекает вниз и, смазывает подшипники качения. Обычно используют индустриальное масло И-12, И-30, И-50; автотракторное масло АК-20, АК-15.

Следует помнить, что чем больше объем масляной ванны, тем дольше сохраняются свойства масла, и тем лучше условия смазки. Поэтому максимальный объем ванны ограничивается предельно допустимой высотой уровня масла в корпусе.

Отдушины. С целью устранения утечки масла через уплотнения валов, которая возможна при повышении давления вследствие нагревания редуктора, внутренняя полость его сообщается с атмосферой при помощи отдушин.

Длину конца вала, выступающую из корпуса, выбирают с таким расчетом, чтобы на него можно было насадить полумуфту МУВП или другую муфту в зависимости от задания на курсовой проект. При этом необходимо предусмотреть зазор между боковой крышкой и полумуфтой, который давал бы возможность вывертывания болтов и замены набивки в сальниковых уплотнениях или смену пальцев с резиновыми кольцами в муфтах МУВП.

При наличии на быстроходном или тихоходном валах деталей ременной, цепной или зубчатой передач длина выступающих концов вала определяется с учетом размещения деталей этих передач.

Косозубые передачи

Зуб прямозубого колеса входит в зацепление сразу по всей длине. Неточности изготовления приводят к появлению толчков при входе зуба в зацепление, интенсивность которых тем больше, чем выше скорость. Плавность передачи снижается, шум возрастает. Косозубые и шевронные цилиндрические колеса применяют при окружных скоростях $v > 6$ м/с, так как прямозубые при таких скоростях работают удовлетворительно лишь при высокой точности их изготовления.

По сравнению с прямозубой косозубая передача имеет:

Достоинства:

- Больше передаваемая мощность при тех же габаритах
- Меньше шума
- Выше плавность работы

Недостатки:

- Наличие кривой силы
- Сложнее изготовление

В косозубых передачах одно из колес имеет зубья с правым направлением винтовой линии, а зубья другого колеса — с левым направлением; углы наклона зубьев у обоих колес одинаковы.

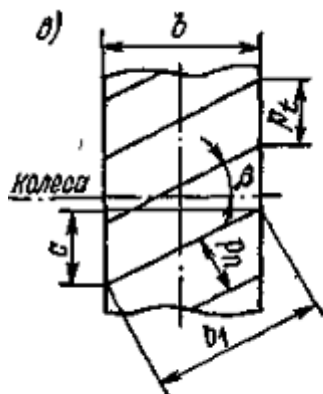


Рисунок 3.1

На рисунке 3.1 показаны:

- окружной шаг p_t ,
- нормальный шаг p_n ,
- ширина венца b ,
- длина зуба b_1
- угол β наклона зубьев к оси колеса.

Из рисунка видно, что

$$P_n = P_t \cos \beta, \text{ откуда:}$$

$$P_t = P_n / \cos \beta$$

Соответственно различают окружной и нормальный модули m_t и m_n , связанные между собой зависимостями:

$$m_n = m_t \cos \beta \quad \text{и} \quad m_t = m_n / \cos \beta$$

При проектировании колес с косыми зубьями нормальный модуль должен быть выбран по стандарту.

Косозубое колесо нарезают тем же инструментом, что и прямозубые. Наклон зуба получают поворотом инструмента на угол β . Профиль косоугольного зуба в нормальном сечении соответствует исходному контуру инструментальной рейки и, следовательно, совпадает с профилем прямого зуба модуля m .

Диаметры делительных окружностей :

$$d_1 = m_t z_1 = m_n z_1 / \cos \beta \qquad d_2 = m_t z_2 = m_n z_2 / \cos \beta$$

Межосевое расстояние

$$a_w = \frac{(d_1 + d_2)}{2} = \frac{m(z_1 + z_2)}{2 \cos \beta} = \frac{m z_\Sigma}{2 \cos \beta}$$

Высоты головки косоугольного зуба h_a и ножки h_f соответственно равны:

$$h_a = m; \quad h_f = 1,25m$$

Диаметр окружности вершин

$$d_a = d + 2m$$

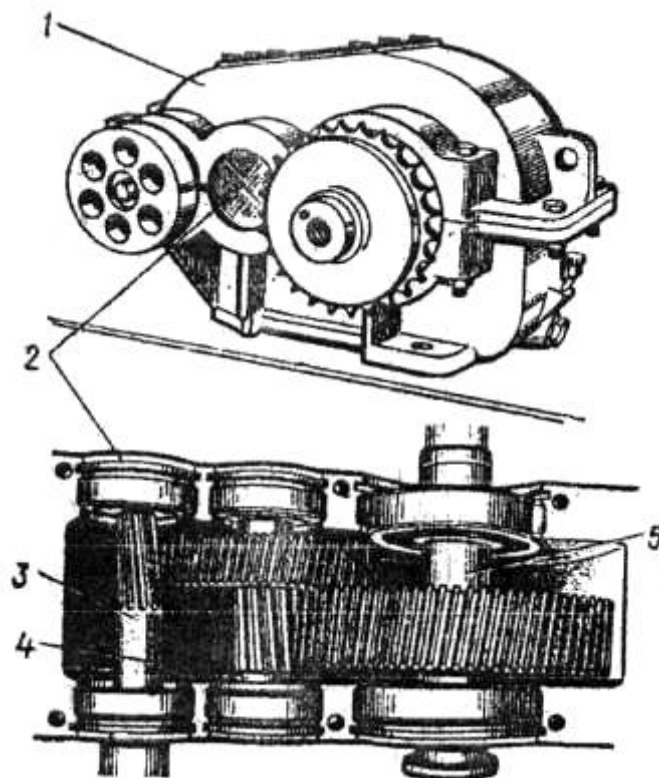


Рисунок 3.2

Практическая часть

Произвести внешний осмотр редуктора, изучить конструкцию корпуса и назначение деталей. Разборку редуктора, представленного на рисунке (3.2), можно производить в следующем порядке:

- Отвинтить соединительные болты, снять крышку 1 редуктора и крышки подшипниковых узлов 2.

- Ознакомиться с внутренним устройством редуктора; обратить внимание на способ смазки зацепления и подшипников.

- Снять входной 3, промежуточный 4 и выходной 5 валы редуктора с деталями и подшипниками, установленными на них.

- Путём замеров и расчётов определить основные размеры и параметры зубчатого зацепления, указанные в таблице 3.1 отчёта.

- Произвести замер угла β наклона зубьев непосредственно по диаметру выступов по отпечаткам зубьев на бумаге, предварительно нанеся на них тонкий слой краски.

– После выполнения всех замеров, необходимых для заполнения таблицы отчёта и уяснения внутренней конструкции редуктора, собрать редуктор до установки крышки корпуса, проверить качество (плавность) зацепления колёс, установить крышку и закрепить её болтами.

– Заполнить таблицу 3.1 отчета.

– Составить и вычертить в масштабе кинематическую схему редуктора.

– Составить характеристику редуктора по его параметрам и схеме.

Отчет о работе

– *Определение основных геометрических и кинематических параметров цилиндрического редуктора (таблица 3.1);*

– *Кинематическая схема редуктора;*

– *Ответы на контрольные вопросы;*

– *Выводы о проделанной работе.*

Таблица 3.1

Точность вычислений и замеров:

Передаточное число – 0,00

Диаметры – 0, 00

Модуль нормальный округлять до стандартного значения (смотри лабораторную работу 1)

Модуль торцовый – 0,000

Ширина венца – округлять до целого числа.

Наименование величины	Обо- значе- ние	Способ опреде- ления	Результаты измерений и вычислений	
			Быстроходная	Тихоходная
Число зубьев шестерни	Z_1, Z_3	Замер	Z_1	Z_3
Число зубьев колеса	Z_2, Z_4	Замер	Z_2	Z_4
Передаточное число ступени	U_1 U_2	$U_1 = Z_2 / Z_1$ $U_2 = Z_4 / Z_3$	U_1	U_2
Общее передаточное число редуктора	$U_{\text{общ}}$	$U_{\text{общ}} = U_1 \times U_2$		
Межосевое расстояние, мм	a_w	Замер	a_{w1}	a_{w2}
Угол наклона зуба по вершинам, град	β_a	Замер		
Угол наклона зуба по делительному диаметру, град	β	$\beta = \arctg\left(\frac{Z_1}{Z_1 + 2} \cdot \text{tg}\beta_a\right)$		
Модуль нормальный, мм	m_n	$m_n = \frac{2a_w}{(Z_1 + Z_2)} \cdot \cos\beta$		
Модуль торцовый, мм	m_t	$m_t = \frac{m_n}{\cos\beta}$		
Диаметр делительных окружностей, мм	d_1 d_2	$d_1 = m_t \times Z_1$ $d_2 = m_t \times Z_2$		
Диаметры вершин зубь- ев, мм	d_{a1} d_{a2}	$d_{a1} = d_1 + 2m_n$ $d_{a2} = d_2 + 2m_n$		
Ширина венцов колес, мм	b_1	Замер		
	b_2	Замер		

Контрольный тест № 3

1. Редукторы служат для:

А. понижения передачи

Б. повышения передачи

В. без изменения

2. По относительному расположению валов в пространстве редукторы бывают :

А. диагональные

Б. трапецеидальные

В. вертикальные

3. В цилиндрическом двухступенчатом редукторе применяют систему смазки

А. картерную

Б. комбинированную

В. пневматическую

4. Минимальный объем залитого масла в зубчатых передачах составляет, л

А. 0.1-0.2

Б. 0.2-0.3

В. 0.4-0.6

5. Для системы смазки редуктора применяют масло:

А. индустриальное

Б. моторное

В. трансформаторное

Практическая работа № 4

Определение реакций опор балки на двух опорах

Тема: Статика. Плоская система произвольно расположенных сил.

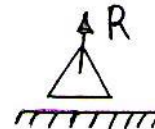
Цель работы: Научится определять реакции опор балки установленной на двух опорах.

Задание: Определить реакции опор балки на двух опорах. Схему выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

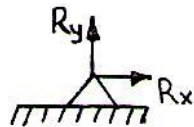
Принять: $q = 2 \frac{kH}{м}$; $P = 4kH$; $M = 2kH \cdot м$; $a = 2м$.

Порядок выполнения

1. Изобразить схему в соответствии с вариантом.
2. Заменить распределенную нагрузку ее равнодействующей $Q=q \cdot l$.
Приложить равнодействующую к балке в центре тяжести соответствующего прямоугольника.
3. Заменить опоры их реакциями. Реакцию шарнирно-подвижной опоры направить перпендикулярно к опорной поверхности.

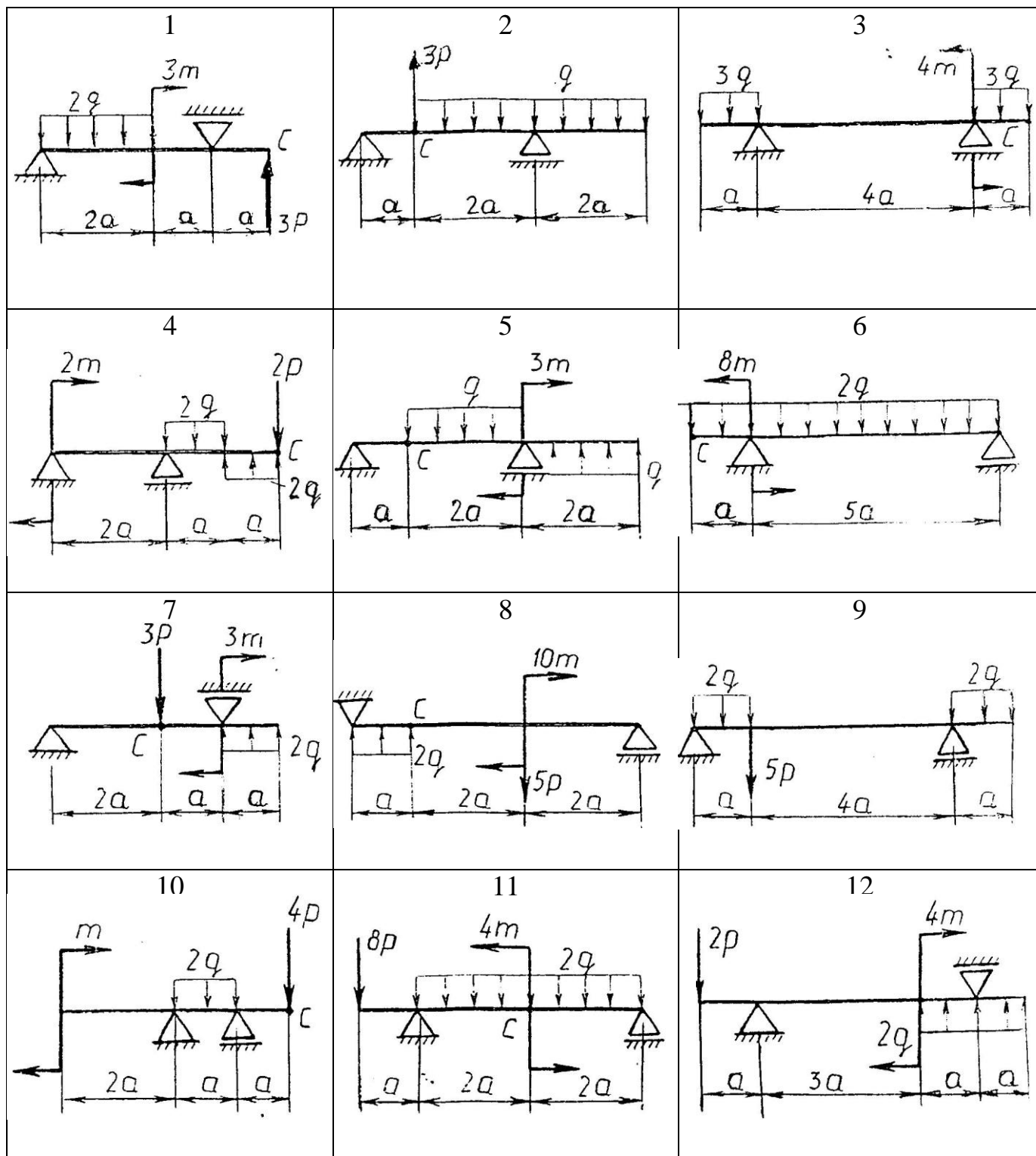


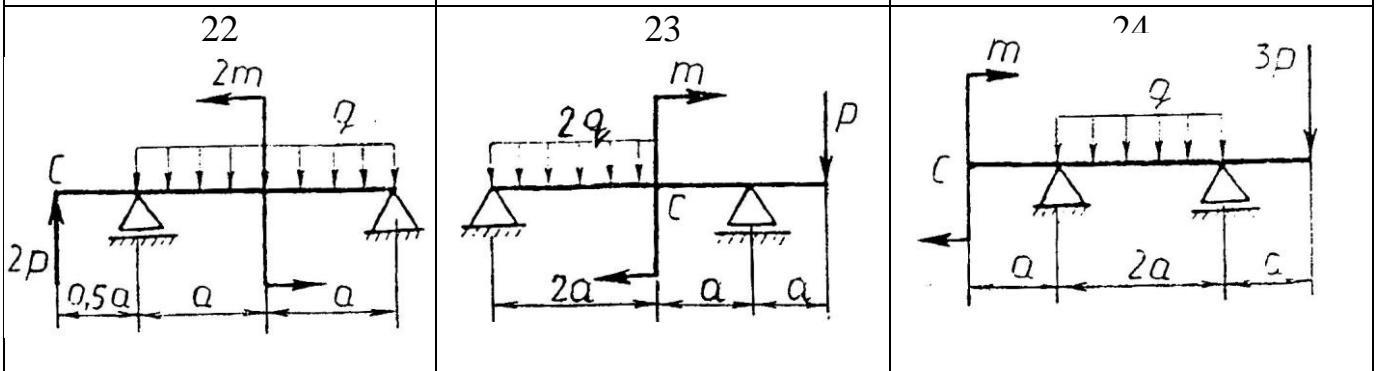
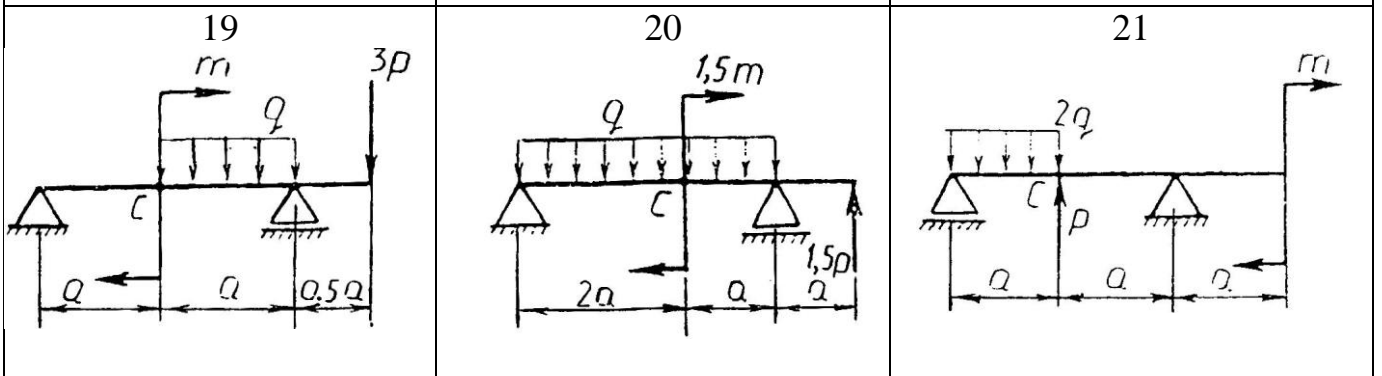
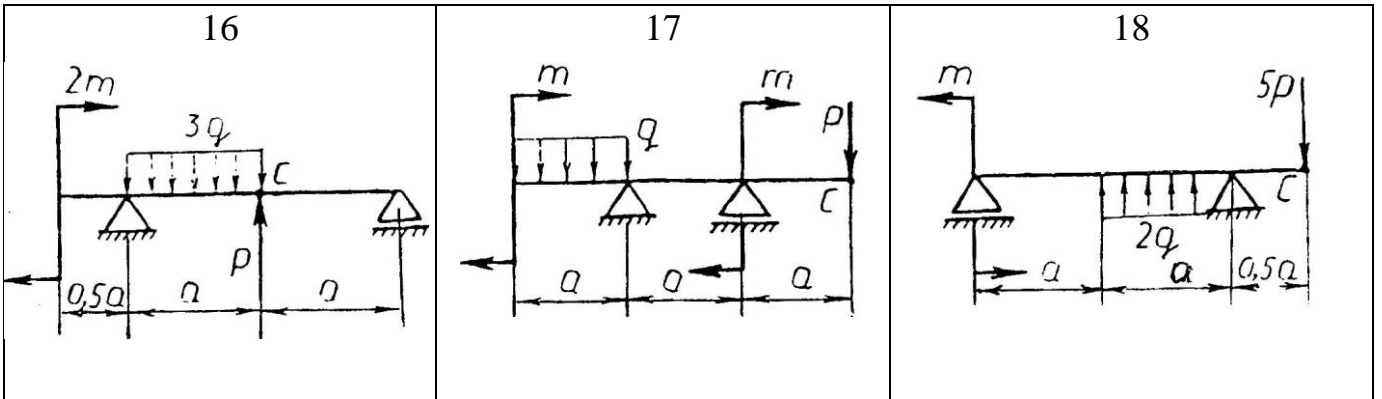
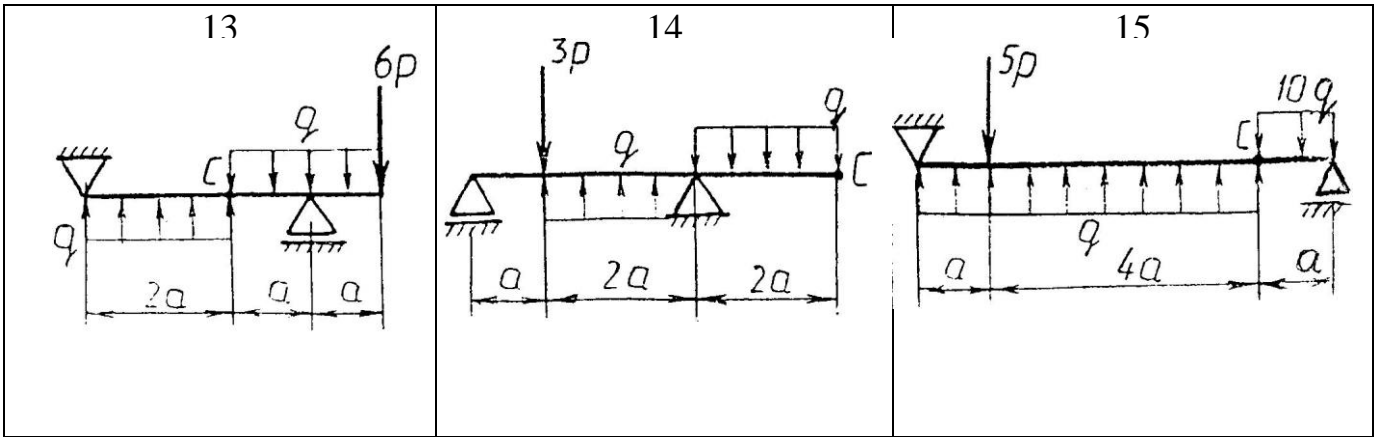
Реакцию шарнирно-подвижной опоры разложить на две составляющие, направленные по осям координат.

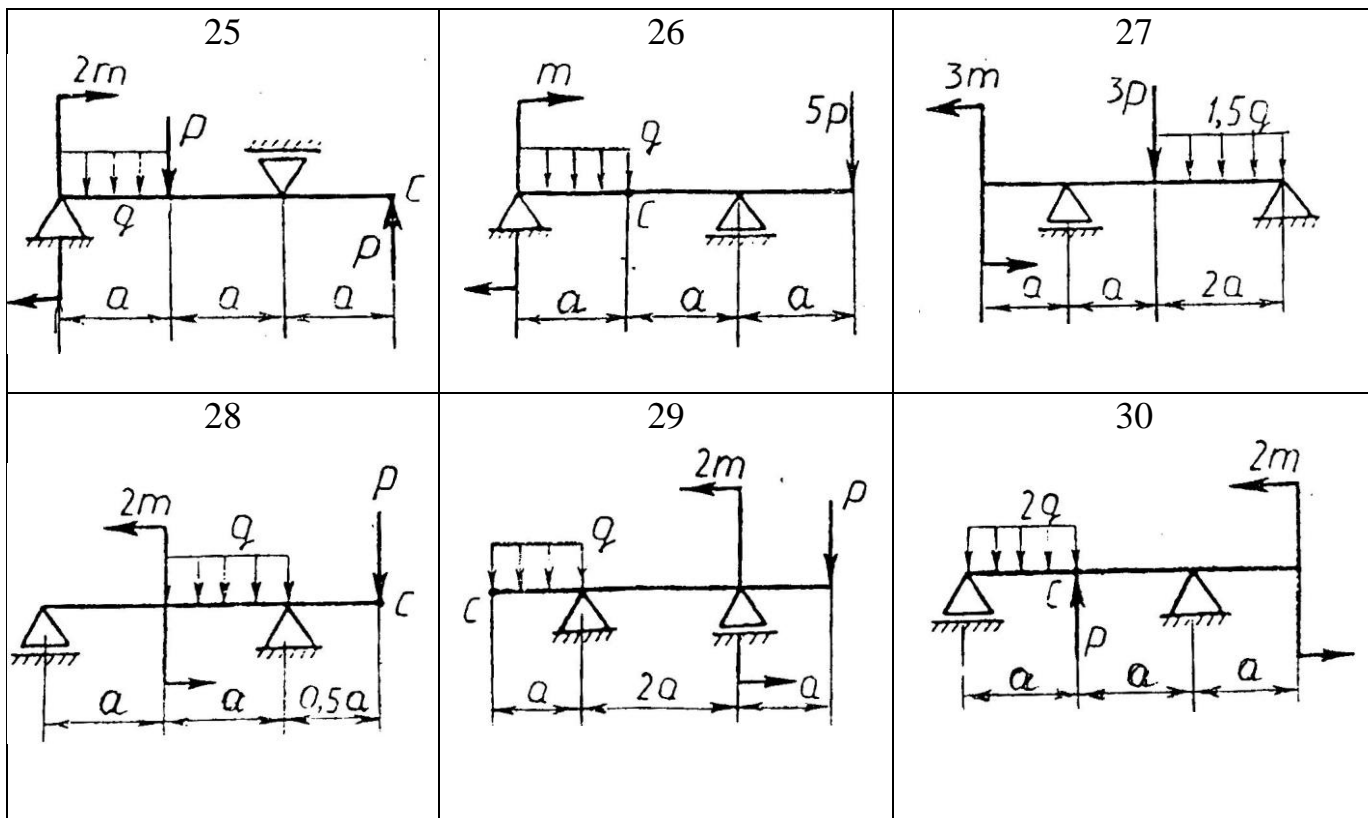


4. Составить расчетную схему балки.
5. Выбрать оси координат и центры моментов.
6. Составить уравнение равновесия: $\sum M_A = 0$; $\sum M_B = 0$; $\sum F_{kx} = 0$.
7. Из уравнений равновесия найти неизвестные реакции опор.
8. Провести проверку правильности решения, составив уравнения $\sum F_{ky} = 0$.
9. Записать ответы.
10. Вывод

Задания к практической работе № 4







Практическая работа № 5

Решение задач динамики методом кинематики

Тема: Динамика. Сила инерции. Принцип Даламбера.

Цель работы: Научится **определять** силу инерции для различных случаев движения и применять принцип Даламбера.

Задание: Решить задачу в соответствии со своим вариантом.

Порядок выполнения

1. Выделить материальную точку, движение которой рассматривается и изобразить ее на рисунке.
2. Выявить все активные силы и изобразить их приложенными к точке.
3. Освободить точку от связей, заменить связи их реакциями.
4. Определить скорость и ускорения нити и изобразить их приложенными к точке.
5. Определить силу инерции $F_{ин} = m \cdot a$.
6. Приложить силу инерции к движущейся точке.
7. Применить метод кинестатики и рассмотреть равновесие полученной системы сил. Составить уравнения равновесия $\sum F_{kx} = 0$; $\sum F_{ky} = 0$;
8. Из уравнений равновесия найти требуемую величину.
9. Записать ответ.
10. Вывод.

Задания к практической работе № 5

Вариант 1, 11, 21.

К потолку вагона на тонкой нити подвешен груз. При прямолинейном движении вагона с постоянным ускорением $a=5\text{ м/сек}^2$ нить отклоняется от вертикали на некоторый угол α . Найти этот угол и натяжение нити, если масса груза 1 кг . Массой нити пренебречь.

Вариант 2, 12, 22.

К потолку вагона на тонкой нити подвешен шарик, масса которого 2 кг . При равноускоренном прямолинейном движении вагона нить отклонилась на угол $\alpha=18^\circ$. Определить ускорение вагона и натяжение нити.

Вариант 3, 13, 23.

Груз в 5 т , будучи подвешенным на тросе, длина которого 4 м совершает колебательные движения около положения равновесия. При переходе через положение равновесия груз имеет скорость $1,6\text{ м/сек}$. Определить в этот момент натяжение троса.

Вариант 4, 14, 24.

Груз в 12 т , подвешенный на тросе, опускается вертикально вниз с постоянным ускорением $4,4\text{ м/сек}^2$. Определить натяжение троса.

Вариант 5, 15, 25.

Гирю в 2 кг взвешивают на пружинных весах, находясь в лифте, который поднимается вверх с ускорением 6 м/сек^2 . Определить показание пружинных весов.

Вариант 6, 16, 26.

Шарик, масса которого $0,5\text{ кг}$, привязан к нити и вращается вместе с ней в вертикальной плоскости с угловой скоростью 150 об/мин . Длина нити 50 см . Определить наибольшее натяжение нити.

Вариант 7, 17, 27.

Шарик, масса которого $1,2\text{ кг}$, привязали к нити длиной 40 см . Шарик с нитью вращается в вертикальной плоскости с угловой скоростью 300 рад/сек . Определить наименьшее натяжение нити.

Вариант 8, 18, 28.

Шарик массой $0,8\text{ кг}$ привязан к нити, которая может выдержать максимальное натяжение 5 кн . При какой угловой скорости вращения в вертикальной плоскости возникает опасность разрыва нити, если ее длина 80 см ?

Вариант 9,19, 29.

С какой скоростью должен проехать мотоциклист по арочному мостику радиусом 25м, чтобы в самой верхней точке мостика давление мотоцикла на мостик стало в два раза меньше его общего веса.

Вариант 10, 20, 30.

Масса мотоциклиста вместе с мотоциклом 280кг. Когда мотоциклист проезжает по легкому мостику со скоростью 108км/час, то мостик прогибается, образуя дугу радиусом 60м. Определить максимальное давление, производимое мотоциклом на мостик.

Практическая работа № 6

Расчеты стержней испытывающих деформацию растяжения (сжатия)

Тема: «Сопромат. Растяжение».

Цель работы: Научиться выполнять расчеты элементов конструкций, испытывающих деформацию растяжения (сжатия).

Задание: Для заданного двухступенчатого стального бруса, нагруженного двумя силами F_1 и F_2 , построить эпюры продольных сил (N_z). Определить площади поперечных сечений и диаметр каждой ступени бруса из условия прочности; построить эпюры нормальных напряжений; определить удлинение (укорочение) каждой ступени и найти перемещение свободного конца бруса.

При расчетах принять $[\sigma]=150\text{МПа}$; $E=2\cdot 10^5\text{МПа}$. Исходные данные выбрать из таблицы.

Номер варианта взять в соответствии с номером студента в списках по журналу.

Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему в соответствии с вариантом.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Разделить брус на участки, границы которых определяются сечениями, где изменяются площадь поперечного сечения или приложены внешние нагрузки. Пронумеровать участки.
4. Определить внутренние силовые факторы на каждом участке для чего применить метод сечения.
5. Построить эпюру N_z .
6. Из условия прочности при растяжении.

$$\sigma_{max} = \frac{N_z}{A} \leq [\sigma]$$

Найти площадь поперечных сечений бруса на каждом участке.

$$A \geq \frac{N_{zi}}{[\sigma]} \quad (\text{мм}^2)$$

Определить диаметр каждого из сечений:

$$d \geq \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (\text{мм})$$

Округлить диаметр до стандартного из ряда чисел $R40$.

Уточнить площади поперечных сечений: $A'_1 = \frac{\pi d_1^2}{4}$ $A'_2 = \frac{\pi d_2^2}{4}$

8. Определить напряжения на каждом из участков.

$$\sigma_{\text{уст}} = \frac{N_z}{A'} \quad (\text{МПа})$$

9. Построить эпюру нормальных напряжений по длине бруса.

10. Определить деформацию каждого участка.

$$\Delta l_i = \frac{N_{zi} l_i}{A_i \cdot E} = \frac{\sigma_i l_i}{E} \quad (\text{мм})$$

11. Определить перемещение свободного конца бруса.

$$\Delta l = \Delta l_1 + \Delta l_2$$

12. Вывод.

Задания к практической работе № 6

Вариант 1, 11, 21	Вариант 2, 12, 22	Вариант 3, 13, 23	Вариант 4, 14, 24	Вариант 5, 15, 25

Вариант 6, 16, 26	Вариант 7, 17, 27	Вариант 8, 18, 28	Вариант 9, 19, 29	Вариант 10, 20, 30

Практическая работа № 7

Расчеты при изгибе

Тема: Сопротивление материалов. Деформация изгиба.

Цель работы: Научиться построению эпюр изгибающих моментов и поперечных сил и производить расчеты на прочность при изгибе.

Задание: Для заданной расчетной схемы оси определить реакции опор, построить эпюры поперечных сил и изгибающих моментов, подобрать диаметр оси из условия прочности при изгибе. Номер варианта принять согласно номеру студента в списке по журналу. Для расчетов принять: материал оси — сталь 40, допустимое напряжение на изгиб $[\sigma_u] = 100 \text{ МПа}$.

Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему.
2. Выписать исходные данные из таблицы.
3. Заменить действие опор на балку силами реакций.
4. Составить уравнение равновесия для плоской системы параллельных сил:

$$\sum MA = 0; \quad \sum MB = 0.$$

5. Найти из уравнений равновесия неизвестные силы реакций.
6. Определить поперечную силу в каждом из характерных сечений, как сумму внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения.
7. Построить эпюру поперечных сил.

8. Определить величину изгибающего момента для каждого характерного сечения, как сумму моментов внешних сил, приложенных по одну сторону от сечения, относительно центра тяжести этого сечения.

9. Построить эпюру изгибающих моментов.

10. Выбрать наиболее нагруженное сечение, где $M_u = \max$.

11. Записать уравнение условия прочности при изгибе:

$$\sigma_{umax} = \frac{M_{umax}}{W_x} \leq [\sigma_u]$$

12. Найти требуемую величину осевого сопротивления сечения:

$$W_x \geq \frac{M_{umax}}{[\sigma_u]}; \text{ из выражения; } W_x = \frac{\pi d^3}{32} \approx 0,1d^3.$$

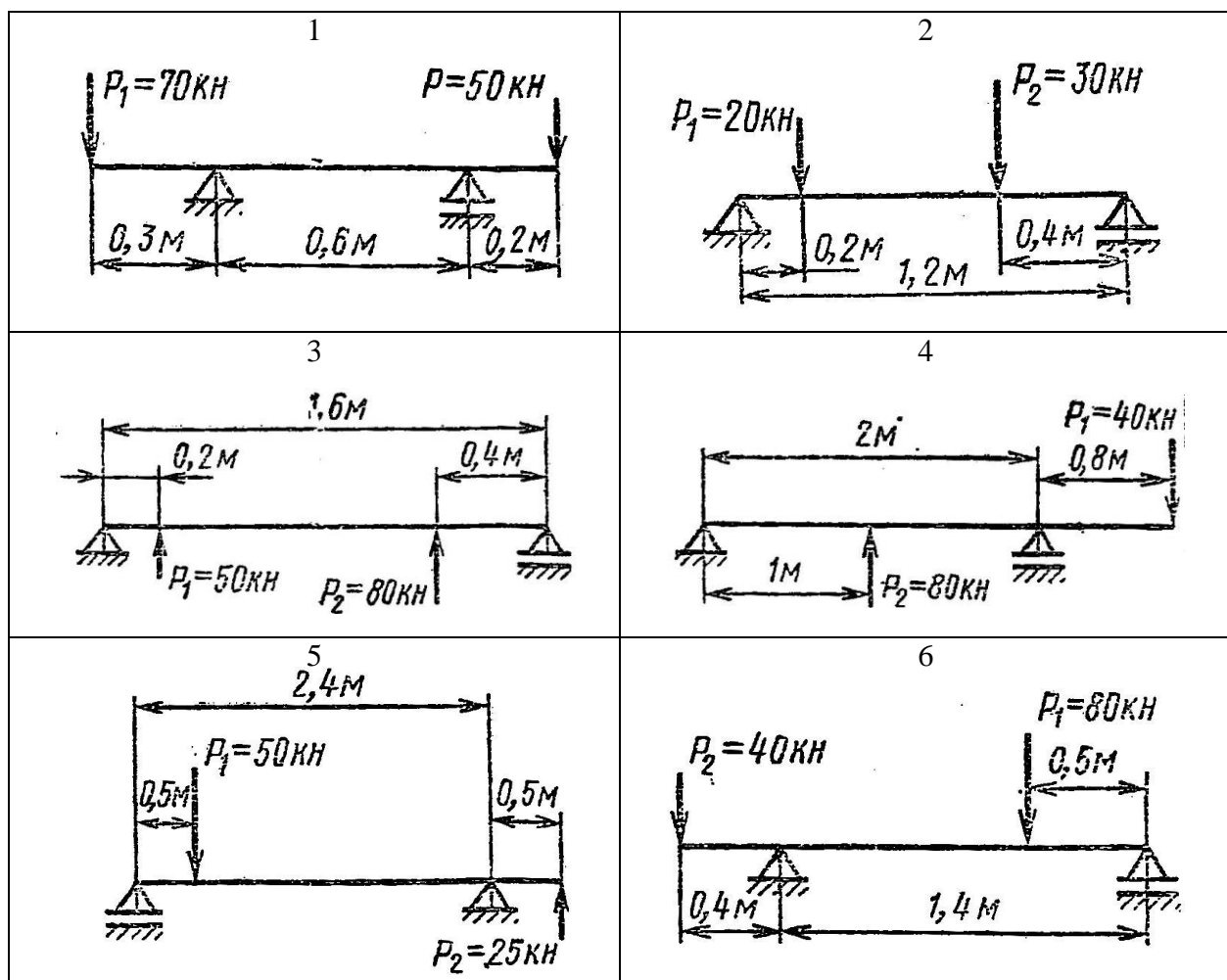
13. Определить диаметр наиболее нагруженного поперечного сечения оси:

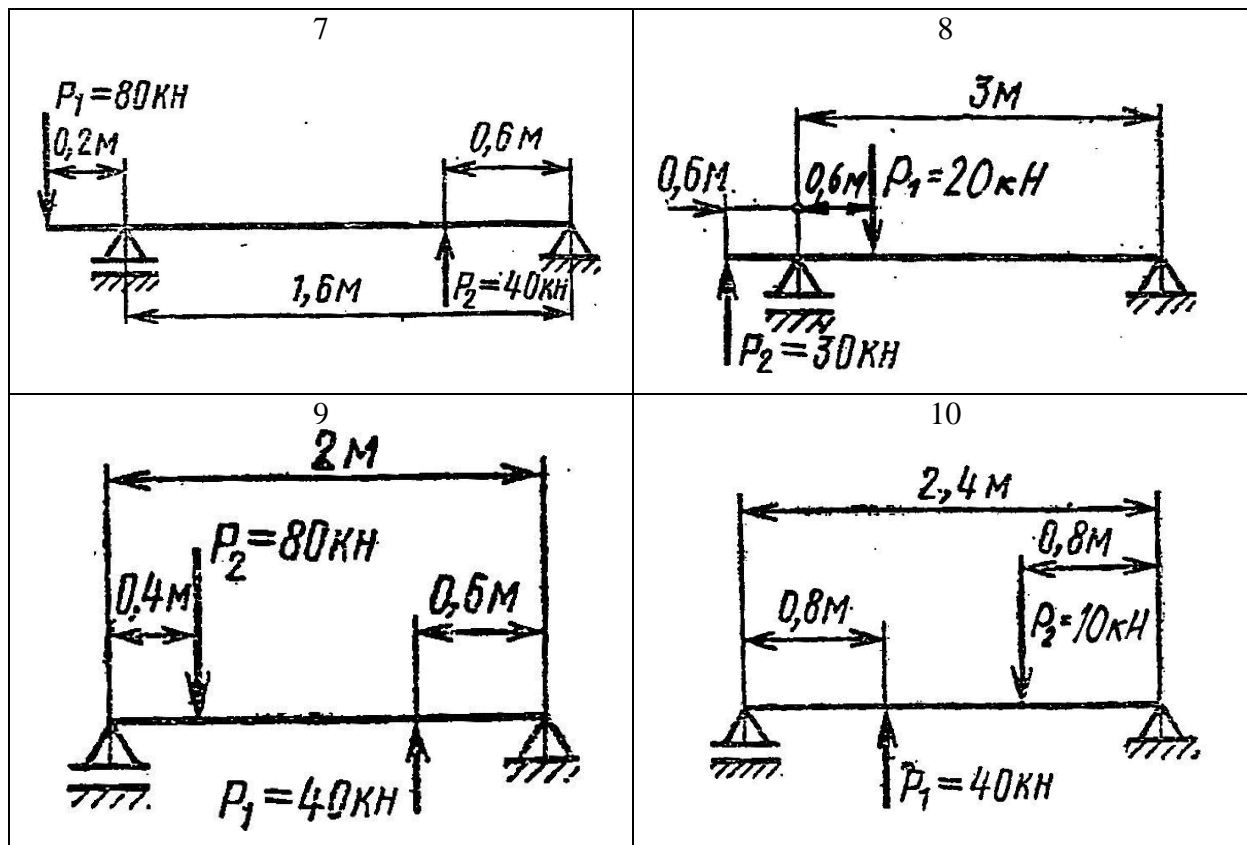
$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32W_x}{\pi}} = \sqrt[3]{10W_x}$$

14. Округлить диаметр до ближайшего стандартного значения из ряда R40 по табл. 2

15. Вывод

Задания к практической работе № 6





Практическая работа № 8 Расчеты при кручении

Тема: Сопротивление материалов. Деформация кручения.

Цель работы: Научиться определять величину крутящих моментов, определять диаметр вала из условия прочности при кручении и определять угол закручивания.

Задание: Определить величину крутящих моментов для каждого участка, построить эпюру крутящих моментов, определить диаметр вала на каждом участке, определить угол закручивания каждого участка. Принять мощность на колесах:

Схему и исходные данные выбрать в соответствии с номером студента по списку в журнале.

Для всех вариантов принимать: $[\tau] = 25 \text{ МПа}$; $G = 8 \cdot 10^4 \text{ МПа}$

Порядок выполнения

1. Изобразить расчетную схему.
 2. Разбить вал на участки и пронумеровать их.
 3. Определить мощность на колесах.
 4. Определить вращающие моменты на колесах: $M_{\text{вр}} = \frac{P}{\omega} \text{ Нм}$,
- где P – мощность на колесе (Вт), ω – угловая скорость (рад/с)
5. Определить крутящие моменты на каждом участке – M_k .
 6. Построить эпюру крутящих моментов – M_k .

7. Из условия прочности при кручении:

$$\tau_{kmax} = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau]$$

определить требуемый поперечный момент сопротивления для каждого участка:

$$W_p \geq \frac{M_k}{[\tau]}$$

8. Определить диаметр вала для каждого участка:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} \approx 0,2^3; \quad d \geq \sqrt[3]{\frac{16W_p}{\pi}} \approx \sqrt[3]{5W_p}$$

Округлить полученное значение до стандартных.

9. Определить полярные моменты инерции сечений для каждого участка:

$$J_p = 0,1d^4 (\text{мм})$$

10. Определить углы закручивания каждого участка, приняв длины участков одинаковыми и равными $\ell = 300 \text{ мм}$

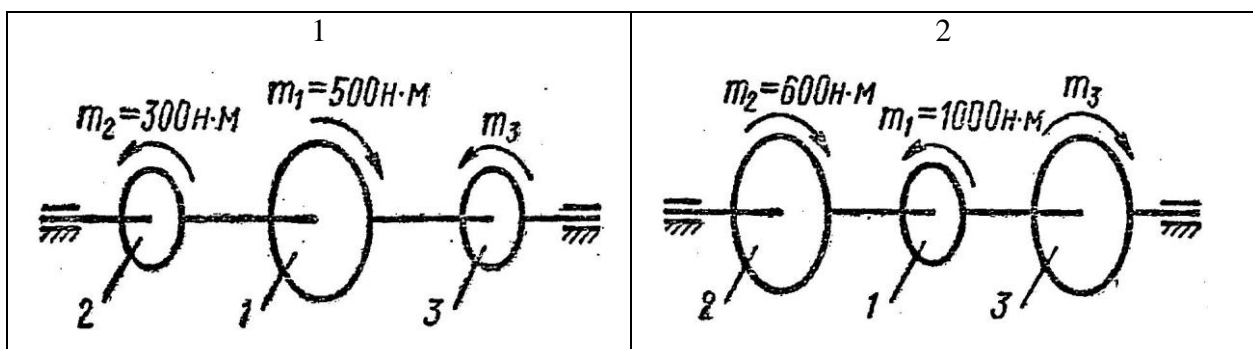
$$\varphi = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{M_k \cdot \ell}{G \cdot J_p}$$

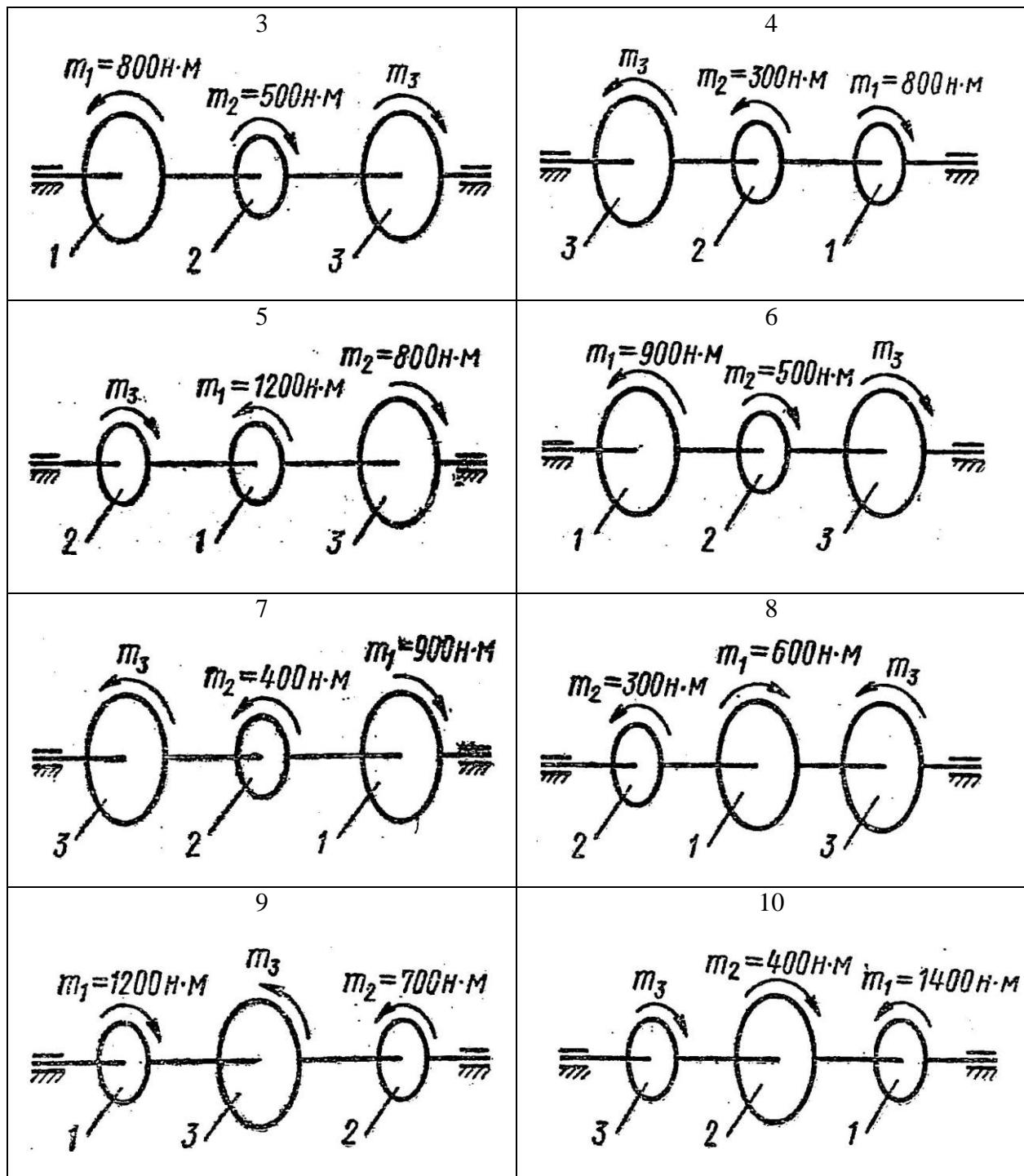
11. Вывод.

Таблица – Варианты заданий

Вариант	$P_{\text{кВт}}$	$\omega_{\text{рад/с}}$	№ схемы
1, 11, 21.	30	20	1
2, 12, 22.	22	30	2
3, 13, 23.	15	10	3
4, 14, 24.	18	40	4
5, 15, 25.	10	30	5
6, 16, 26.	25	35	6
7, 17, 27.	35	40	7
8, 18, 28.	24	15	8
9, 19, 29.	50	100	9
10, 20, 30.	11	24	10

Задания к практической работе № 8





Практическая работа № 9

Тема: Микрометрический инструмент.

Цель работы: Познакомиться с современным рядом измерительных инструментов (калибры, штангенинструменты, микрометры), используемых в приборостроении для измерения и контроля геометрических размеров деталей; получить практические навыки работы с данными инструментами.

Оборудование, применяемые приборы и инструмент

При выполнении работы используются:

- меры длины концевые плоскопараллельные (набор № 1 кл.1 ГОСТ 13762-80);
- штангенциркули с точностью отсчета 0,1; 0,05 мм; цифровой штангенциркуль
- штангенрейсмас;
- штангенглубиномеры;
- калибры гладкие;
- калибры предельные;
- плиты поверочные 400×400 и 630×400 (ГОСТ 10905-75).

Общие сведения

1. Методы измерения

Для обеспечения высокого качества изделий необходимо, чтобы все параметры деталей (размеры, предельные отклонения форм, расположения поверхностей и др.) были выполнены с заданной точностью.

В технике эти параметры проверяют двумя способами - измерением и контролем.

Измерением называют нахождение физической величины (длины, массы, электрического сопротивления и т.д.) с помощью специальных технических средств.

При контроле обычно не находят действительные величины, а устанавливают, что они находятся в заданных пределах.

Измерения могут быть прямыми и косвенными. При прямом измерении величину находят непосредственно, например угол при измерении - угломером, длину - линейкой. При косвенном измерении величину находят на основании известной зависимости между этой величиной и величинами, подвергаемыми прямым измерениям (например, находят угол по измеренным длинам катета и гипотенузы). Косвенные измерения в некоторых случаях позволяют получить более точные результаты, чем прямые.

Применяют различные методы измерений. Методом непосредственной оценки (абсолютное измерение) определяют измеряемую величину непосредственно по отсчетному устройству измерительного прибора. Например, определение диаметра вала микрометром, штангенциркулем.

Метод сравнения с мерой (относительное измерение) заключается в сравнении измеряемой величины с известной. При относительных измерениях определяемую величину сравнивают известной мерой, или эталоном.

Например, таким методом можно определить высоту H детали. Вначале на измерительный столик 1 (рис. 1, а) устанавливают блок концевых мер 4 или эталон, имеющие известный размер h .

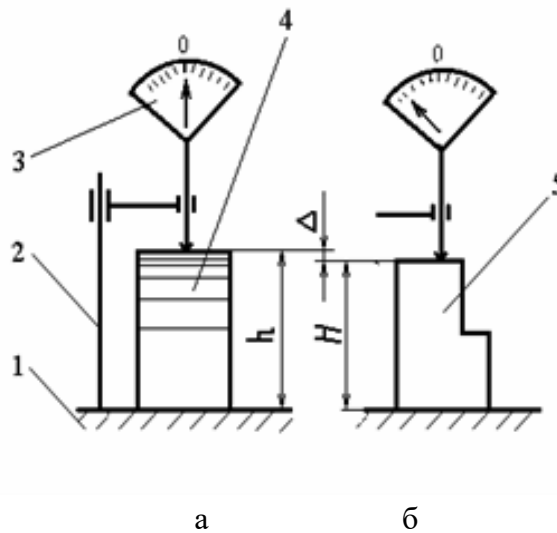


Рис.1. Пример относительного измерения: а - настройка по эталону;
б – измерение размеров деталей

2. Плоскопараллельные концевые меры длины

Наиболее точным средством измерения длины в машиностроении являются плоскопараллельные концевые меры длины - плитки. Их применяют для проверки точности измерительных приборов и инструментов, установки приборов на нуль отсчета, непосредственных измерений и т.д. Концевые меры длины представляют собой набор прямоугольных брусков из твердого сплава с различными размерами L (рис. 1, а), у которых две противоположные измерительные грани строго параллельны.

Точно выполненные поверхности брусков обладают способностью притираться (сцепляться) силами молекулярного притяжения, что позволит собирать их в блоки разных размеров. Притираемость и высокая точность - свойство концевых мер, определяющий их ценность как измерительных средств. Меры по точности изготовления делят на четыре класса: 0, 1, 2 и 3-й. Для мер, находящихся в эксплуатации, предусмотрены дополнительно 4-й и 5-й классы. В зависимости от предельной погрешности аттестации размеров мер их делят на пять разрядов: с 1-го по 5-й. В аттестате указывают номинальный размер концевой меры, отклонение от номинального размера в микрометрах и разряд, к

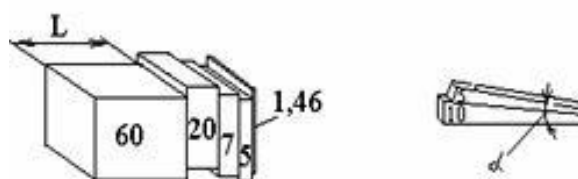


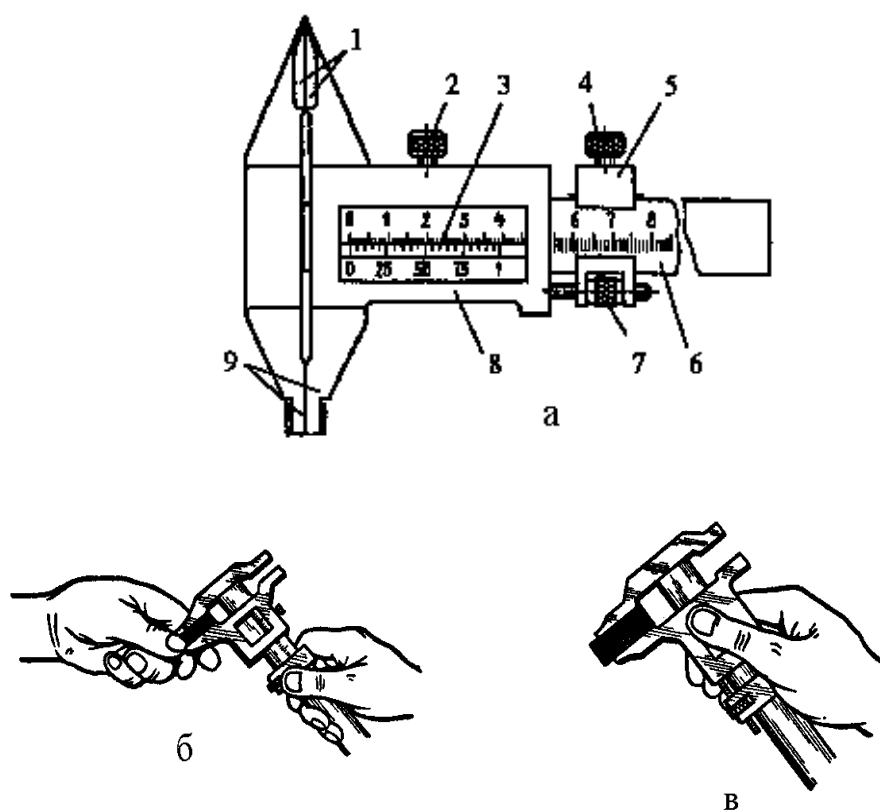
Рис. 2 Набор плиток и
угловых мер

которому отнесен поверяемый набор мер. При пользовании аттестованными мерами за размер каждой из них принимают действительный размер, указанный в аттестате. В этом случае отклонения размера мер не будут влиять на точность измерения независимо от их принадлежности к тому или иному классу точности. Применение мер по разрядам с учетом их действительных размеров позволяет производить более точные измерения. По аналогии с концевыми мерами длины созданы угловые меры (рис. 2).

3. Штангенинструменты

К распространенным средствам измерения относятся различные штангенинструменты: штангенциркули (рис.3,а), штангенглубиномеры и штангенрейсмасы.

Основной частью штангенинструмента является штанга б, на которую нанесена



основная шкала с ценой деления 1 мм.

Рис. 3. Штангенциркуль:

а - устройство инструмента;

б - правильный прием измерения (подвижная губка движется микровинтом);

в - неправильный прием (подвижная губка захвачена рукой)

По штанге перемещается рамка 8 с вспомогательной шкалой - нониусом 3, который служит для отсчета долей миллиметра. Отсчет целым миллиметром производится по шкале штанги, десятых долей миллиметра - по совпадению одного из

штрихов на нониусе со штрихом на основной шкале. Губки 1 служат для наружных измерений, губки 9 - для внутренних.

Штангенинструменты выпускают с точностью отсчета 0,1; 0,05 и 0,025 мм. Штангенинструмент с точностью отсчета 0,05 и 0,025 мм изготавливают с микрометрической подачей для более удобной установки рамки при измерениях. Вспомогательная рамка 5 закрепляется винтом 4. При измерении рамку 8 плавно перемещают вращением гайки 7, ослабив винт 2 (рис. 3, б). Не следует при измерении сжимать детали, захватывая рукой основную рамку (рис. 3, в).

Отсчет размера по нониусу утомителен. В настоящее время выпускаются *штангенциркули* со стрелкой на круговой шкале (рис. 4) и с цифровой индикацией (рис.5). У этих приборов закрепляют на штанге рейку, а на рамке - зубчатое колесо, которое поворачивается вместе со стрелкой.



Рис.4 Штангенциркуль со стрелкой на круговой шкале

В штангенциркулях с цифровой индикацией зубчатое колесо связано с круговым фотоэлектрическим преобразователем, который выдает 1000 импульсов за один оборот колеса. Импульсы регистрируются на световом табло штангенциркуля.



Рис. 5 Штангенциркуль с цифровой индикацией

Штангенрейсмас (рис. 6, а) применяется для измерения высоты детали на плите и для разметочных работ. При его использовании рамку на деталь следует надвигать сверху, чтобы избежать ошибок при измерении (рис. 6, б).

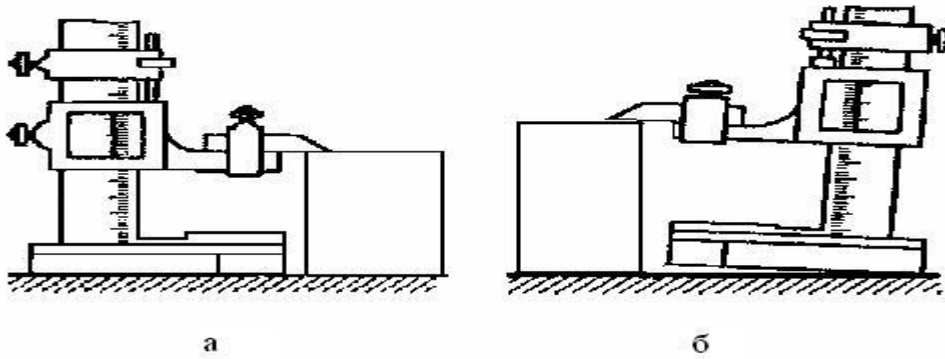


Рис.6. Штангенрейсмас установлен при измерении:
а – правильно, б - неправильно

Штангенглубиномер (рис. 7, а) используют для измерения глубин отверстий, пазов и высоту уступов. Сначала на дно паза или нижнюю поверхность уступа следует плотно установить штангу 1 инструмента, затем плавно без больших усилий подводить рамку 2. Это позволяет избежать перекосов (рис.7, б) при измерениях.

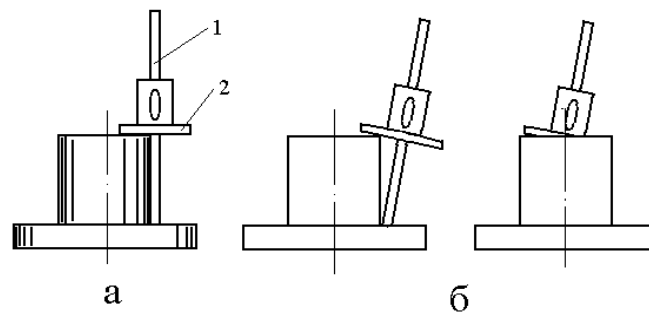


Рис.7. Штангенглубиномер установлен при измерении:
а - правильно, б - с перекосом

4 . Микрометрические инструменты

К микрометрическим измерительным средствам относят микрометры (рис. 8, а) для наружных измерений, глубиномеры (рис. 8, б) и бнутромеры (рис. 8, в), которые основаны на использовании микрометрической пары - винта и гайки, изготовленных с высокой точностью.

Винт связан с барабаном б, при повороте которого на один оборот измерительный стержень 3 перемещается на шаг резьбы - 0,5 или 1 мм. Для отсчета этого перемещения на стебле 5 имеется вдоль оси шкала с делениями через 0,5 мм. Для удобства отсчета выпускаются микрометры с цифровым отсчетом результата измерений (рис. 8, г).

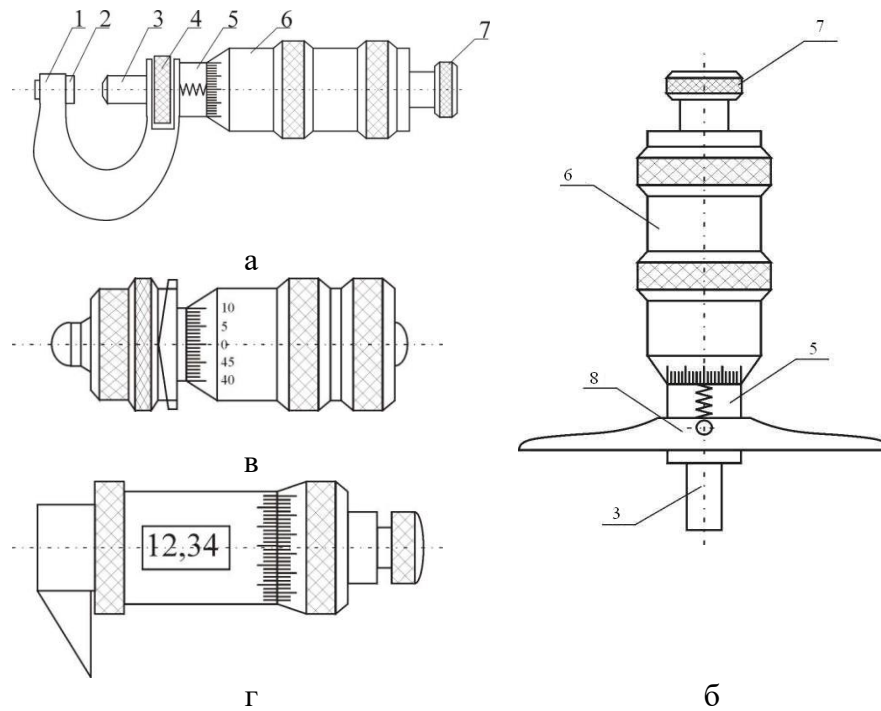


Рис. 8. Микрометрические инструменты:
 а - микрометр, б - глубиномер, в- нутромер, цифровое табло на барабане микрометра; 1 - скоба, 2 - пятка, 3 - измерительный стержень, 4 - стопор, 5 - стембель, 6 - барабан, 7 - трещотка, 8 – основание

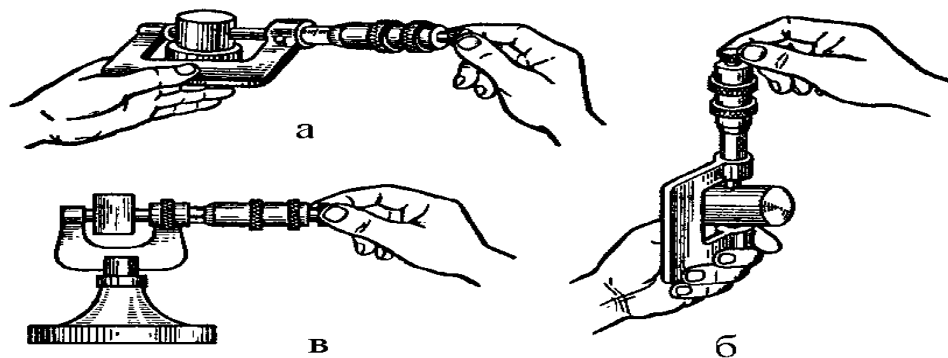


Рис.9.Измере

ние микрометром при горизонтальном положении (а), при вертикальном положении (б) и закрепленном в стойке (в) наконечник, соединенный рычажно-зубчатым механизмом со шкалой отсчетного устройства с ценой деления 0,002 мм.

Допускаемая погрешность микрометров 1-го класса точности составляет ± 4 мкм для диапазона измерений 0-100 мм. Для размеров 0-25 мм выпускают также микрометры класса точности 0с погрешностью ± 2 мкм. Микрометрические нутромеры и глубиномеры также снабжены микрометрическими головками. Они служат для измерения соответственно внутренних размеров и глубины (для размеров уступов).

Трещотка микрометра создает постоянство измерительного усилия, что необходимо для точных измерений. При горизонтальном расположении оси микрометра скобу держат за ее середину левой рукой (рис.9, а), а правой рукой, вращая барабан за трещотку, доводят измерительный стержень до соприкосновения с деталью. Если необходимо установить микрометр в вертикальное положение (рис. 9, б), то его левой рукой поддерживают за низ скобы у пятки. Для повышения точности и удобства

проведения измерений мелких деталей микрометры закрепляют в специальных стойках (рис. 9, в).

Повышенную точность измерений обеспечивают рычажные микрометры, которые в отличие от гладких микрометров вместо неподвижно запрессованной пятки имеют подвижный измерительный

5. Контроль поверочными инструментами

Деталь в процессе изготовления необходимо контролировать. Различают два основных вида контроля:

- при помощи поверочных инструментов;
- при помощи универсального измерительного инструмента.

К поверочным инструментам относятся поверочные линейки и плиты, угольники, шаблоны, щупы, различные калибры. В отличие от измерительных поверочные инструменты указывают только на отклонения в размерах и форме деталей, но не показывают значение этих отклонений.

Для контроля прямолинейности, плоскостности и взаимного расположения поверхностей применяют поверочные линейки и плиты.

Поверочные линейки выполняются двух основных типов: лекальные и линейки с широкими рабочими поверхностями.

Проверка прямолинейности поверхности деталей лекальными линейками производится, как правило, по способу «световой щели» («на просвет»). При этом лекальную линейку накладывают острой кромкой на проверяемую поверхность, а источник света помещают за деталью. Линейку держат строго вертикально на уровне глаз. Наблюдая за просветом между линейкой и поверхностью детали в разных местах по длине линейки, определяют степень прямолинейности поверхности: чем больше просвет, тем больше отклонение от прямолинейности.

Проверка прямолинейности и плоскостности линейками с широкими рабочими поверхностями выполняется обычно способом «пятен» — «на краску». При проверке «на краску» рабочую поверхность линейки покрывают тонким слоем краски (суриком, сажей), затем осторожно накладывают линейку на проверяемую поверхность и плавно, без нажима перемещают ее. После этого линейку также осторожно снимают и по расположению и количеству пятен краски на проверяемой поверхности судят о ее плоскостности. При хорошей плоскостности пятна краски располагаются равномерно по всей поверхности. Чем больше пятен на поверхности квадрата 25X25 мм, тем лучше плоскостность.

Поверочные плиты применяют главным образом для проверки больших поверхностей деталей способом «на краску», а также используют в качестве вспомогательных приспособлений при контроле деталей. Проверка плоскостности поверхностей деталей «на краску» при помощи поверочных плит производится так же, как и линейками с широкими рабочими поверхностями.

Для контроля наружных и внутренних прямых углов деталей при их изготовлении широко применяются поверочные угольники. Они выпускаются трех классов точности: 0, 1, 2. Наиболее точные — угольники класса 0.

При проверке наружных прямых углов угольник накладывают на проверяемую деталь внутренней частью, а при проверке внутренних углов — наружной частью. Приложив угольник к одной стороне проверяемого угла, совмещают его вторую сторону с другой стороной угольника. По просвету между сторонами угольника и проверяемого угла судят о точности этого угла.

Для проверки сложных профилей поверхностей обрабатываемых деталей используют шаблоны. Они могут иметь самую разнообразную форму, которая зависит от формы контролируемой поверхности детали. Проверка производится уже известными способами: «на просвет» или «на краску». Более широкое применение получил первый способ. Проверка «на краску» обычно производится в том случае, если нельзя проверить «на просвет», например при контроле выемок, глухих мест и т.д.

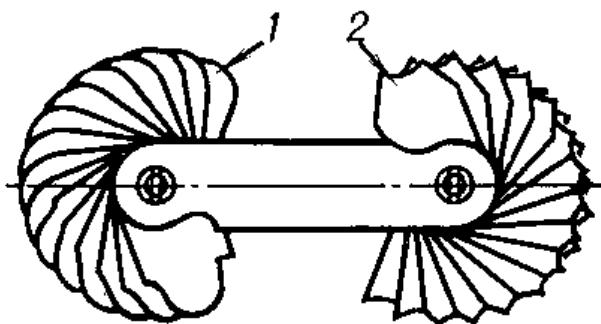


Рис.10. Набор радиусных шаблонов: 1 — выпуклых; 2 — вогнутых.

Радиусы выпуклых и вогнутых поверхностей от 1 до 25 мм проверяют радиусными шаблонами, которые комплектуются в наборы. Например, набор № 1 имеет девять выпуклых и девять вогнутых шаблонов с радиусами 1; 1,2; 1,6; 2; 2,5; 3; 4; 5 и 6 мм. Размер радиуса закруглений контролируют «на просвет», совмещая профиль шаблона с проверяемым профилем. С помощью резьбовых шаблонов проверяют профили резьб. Эти шаблоны комплектуются в два набора: для метрической резьбы с углом профиля 60° и для дюймовой резьбы с углом профиля 55° . На каждом шаблоне, входящем в тот или другой набор, указывается шаг резьбы.

Для проверки размеров зазоров между сопряженными поверхностями деталей используют щупы. Они представляют собой набор заключенных в обойму мерных стальных, точно обработанных пластинок, которые имеют толщину от 0,03 до 1 мм и длину 50, 100 или 200 мм.

Размер зазора проверяют, вводя в него поочередно пластинки различной толщины (одну или несколько штук одновременно). Размер зазора считается равным толщине пластинки или набора пластинок, плотно входящих в него.

Размеры сопрягаемых поверхностей при массовом производстве изделий проверяют, как правило, методом сравнения с помощью предельных калибров (скоб или пробок).

Калибром называют измерительный бесшкальный инструмент, предназначенный для контроля размеров, формы и взаимного расположения частей изделий. Контроль состоит в сравнении размера изделия с калибром по вхождению или степени прилегания их поверхностей. Такое сравнение позволяет рассортировать изделия на годные (размер находится в пределах допуска) и бракованные с возможным исправлением или неисправимые.

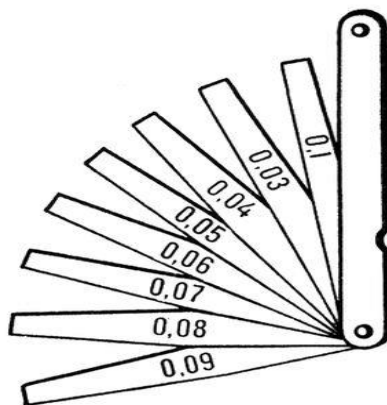


Рис. 11. Набор щупов

Калибры делят на предельные и нормальные. Нормальный калибр (шаблон) применяется для проверки сложных профилей. Он имеет размеры, равные только номинальному размеру проверяемого элемента изделия. Такой калибр входит в проверяемую деталь с большей или меньшей степенью плотности.

В настоящее время применяют в основном предельные калибры. Предельный калибр имеет проходную (ПР) и непроходную стороны (НЕ), т.е. верхнее и нижнее отклонение номинального размера, что позволяет контролировать размер в поле допуска. Предельные калибры применяются для измерения цилиндрических, конусных, резьбовых и шлицевых поверхностей. При конструировании предельных калибров должен выполняться принцип Тейлора, согласно которому проходной калибр является прототипом сопрягаемой детали и контролирует размер по всей длине соединения с учетом погрешностей формы. Непроходной калибр должен контролировать только собственно размер детали и поэтому имеет малую длину для устранения влияния погрешностей формы.

Виды предельных калибров: калибр-скоба, калибр-пробка, резьбовой калибр-пробка, резьбовой калибр-кольцо и т. д.

Так для контроля размера отверстия $\varnothing 55H7^{(+0,030)}$ используют калибр-пробку, на которой указывается маркировка 55 H7. На проходной стороне калибра наносится символ ПР – и нижнее предельное отклонение 0, а на непроходной, соответственно НЕ и верхнее предельное отклонение +0,030. Проходной калибр-пробка изготов-

ляют по наименьшему предельному размеру, а непроходной - по наибольшему предельному.

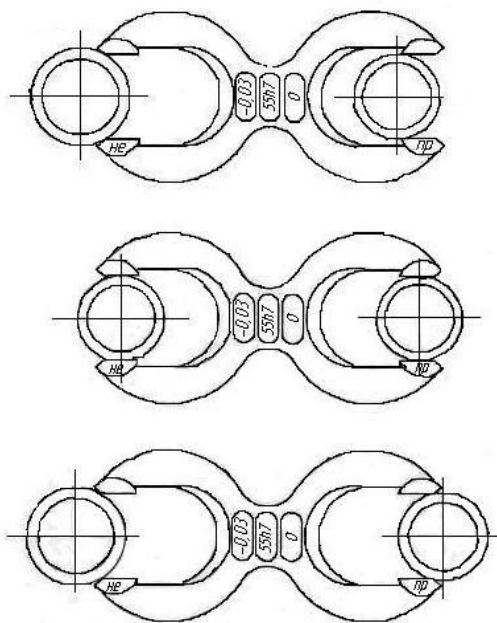


Рис.12. Контроль отверстия предельными калибрами:
 а) - детали годные; б – размер деталей меньше допустимого;
 в – размер деталей больше допустимого наибольшего.

Для контроля вала размером $\text{Ø}55\text{h}7_{(-0,03)}$ используют калибры-скобы. Непроходную скобу изготавливают по наименьшему предельному размеру вала, а проходную - по наибольшему. Схема контроля отверстия и вала калибрами показана на рис. 9.

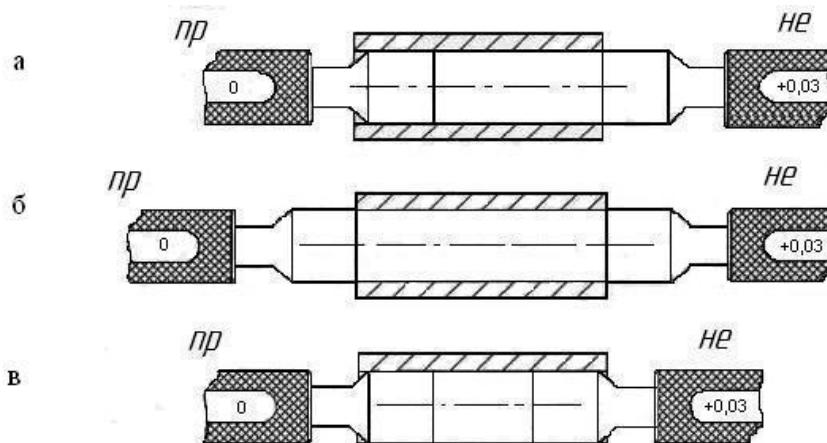


Рис.13. Контроль отверстия предельными калибрами:
 а) - детали годные; б – размер деталей меньше допустимого;
 в – размер деталей больше допустимого наибольшего

Контроль при помощи калибров обеспечивает высокую производительность и высокую точность, не требует высокой квалификации оператора, не требует для каждого размера и каждого качества изготовления специального калибра. Этот контроль целесообразно применять в массовом и крупносерийном производстве.

В мелкосерийном и единичном производстве используется контроль при помощи универсального инструмента.

Контроль за точностью показаний самих измерительных инструментов (штангенциркулей, микрометров и т. д.) может осуществляться с помощью плоскопараллельных концевых мер длины. Плоскопараллельные концевые меры длины изготавливаются из легированной инструментальной стали в виде плиток прямоугольного сечения.

Противоположные стороны плиток служат измерительными плоскостями, а расстояние между ними — измерительным размером.

Плоскопараллельные концевые меры длины выпускаются промышленностью наборами (ГОСТом предусмотрен выпуск двадцати одного набора).

Все рассмотренные поверочные инструменты имеют очень точно обработанные рабочие поверхности и поэтому требуют осторожного и бережного обращения. Необходимо предохранять рабочие поверхности инструментов от коррозии и механических повреждений. Во время работы надо класть инструменты только на деревянные или другие нежесткие подставки. По окончании работы следует протирать их чистой [ветошью](#) или ватой и смазывать бескислотным вазелином. Хранят эти инструменты обычно в специальных футлярах.

Порядок выполнения работы

Упражнение 1. Измерение штангенциркулем ШЦ-1

1. Ознакомиться с устройством штангенциркуля:
 - а) изучить все части и их назначение (рис. 1);
 - б) освоить устройство нониуса штангенциркуля (рис. 2): длина нониуса 19 мм разделена на 10 равных частей. Одно деление нониуса равно $19:10=1,9$ мм, это на 0,1 мм меньше целого числа миллиметров.

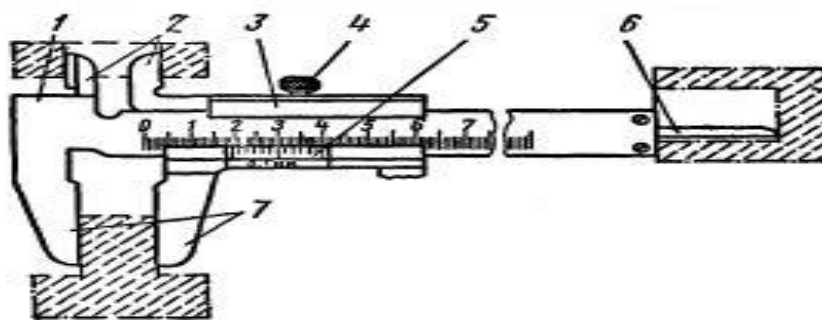


Рис. 1. Штангенциркуль:

1 – штанга; 2,7 – губки; 3 – подвижная рамка; 4 – зажим; 5 – шкала нониуса; 6 – линейка глубомера

6 –

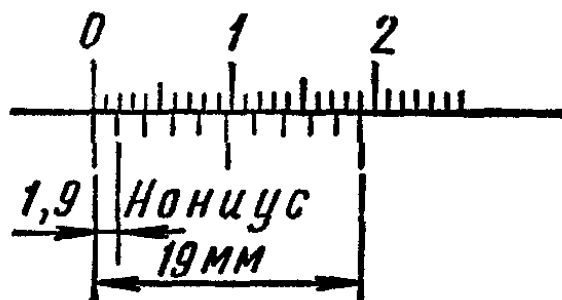


Рис. 2. Нониус

Подготовить штангенциркуль к работе:

- a) проверить комплектность инструмента;
- b) промыть инструмент в авиационном бензине, протереть его досуха мягкой льняной тканью, особенно тщательно протереть измерительные поверхности.

2. Произвести наружный осмотр:

- a) губки и торец штанги должны быть в полном порядке;
- b) на измерительных поверхностях не должно быть следов коррозии, забоин, царапин, затупленных острых концов губок или других дефектов, влияющих на точность измерения;
- c) штрихи и цифры шкал должны быть отчетливыми и ровными;
- d) проверить взаимодействие отдельных частей штангенциркуля, плавность хода рамки 3, параллельность губок 2 и 7, нет ли перекоса, тугого передвижения движка рамки.

3. Проверить нулевое положение штангенциркуля:

- a) привести соприкосновение губки штангенциркуля (рис.3, *a*). Губки по всей длине должны быть параллельными. Зазора по краям губок не должно быть. Нулевой штрих нониуса должен совпадать с нулевой рисккой основной шкалы;

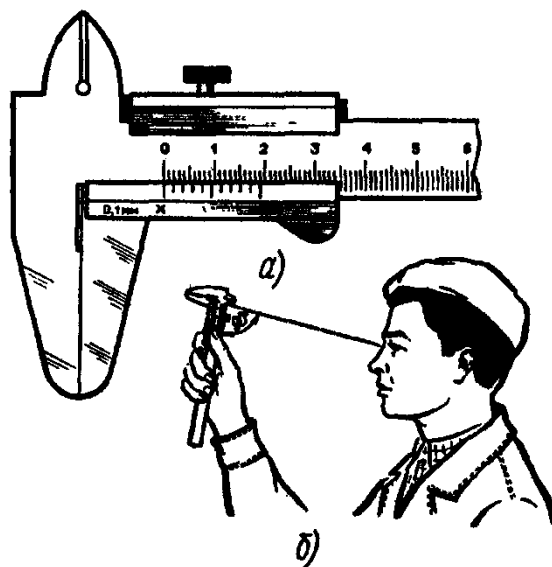


Рис. 3. Проверка нулевого положения штангенциркуля

- b) размер просвета между измерительными поверхностями сведенных губок штангенциркуля оценивают при дневном освещении «на глаз» (рис. 3, *б*). При отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при небольшом просвете (не более 6 мм) должны совпадать нулевые штрихи нониуса с начальным штрихом основной шкалы (рис. 3, *a*);
- c) если инструмент не отрегулирован, то в фактическое показание инструмента нужно вносить соответствующую поправку, равную начальной погрешности, но с обратным знаком;

d) в случае большого несовпадения нулевых штрихов необходимо отжать винты нониуса, сдвинуть нониусную пластинку до совпадения штрихов и закрепить ее винтами.

4. Приемы измерения:

a) взять деталь в левую руку, которая должна находиться за губками и захватить деталь недалеко от губок (рис. 4, а). Правая рука должна придерживать штангу, при этом большой палец этой руки должен перемещать рамку до соприкосновения с проверяемой поверхностью, не допуская перекоса губок и добиваясь нормального измерительного усилия;

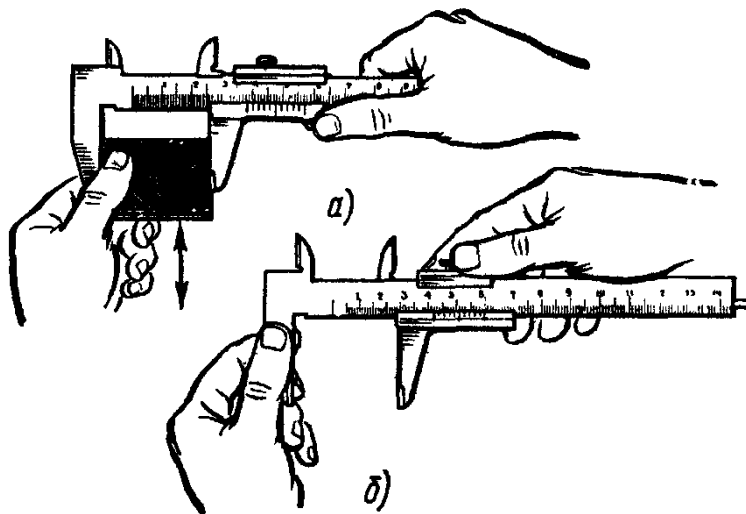


Рис. 4. Прием измерений штангенциркулем ШЦ-1

b) закрепление рамки производят большим и указательным пальцами правой руки, придерживая штангу остальными пальцами этой руки. Левая рука при этом должна придерживать губку штанги (рис. 4, б).

5. Чтение показаний штангенциркуля ШЦ-1:

a) при чтении показаний штангенциркуль держать прямо перед глазами (рис. 5, а). Если смотреть на показания с боку (рис. 5, б), то это приведет к искажению и, следовательно, к неправильным результатам измерений. Для предупреждения искажений поверхность, на которой нанесена шкала нониуса, имеет скос для того, чтобы приблизить шкалу нониуса к основной шкале на штанге;

b) целое число миллиметров отсчитывают по шкале штанги слева направо нулевым штрихом нониуса.

Дробные значения (количество десятых) определяют умножением величины отсчета (0,1мм) на порядковый номер штриха нониуса, не считая нулевого, совпадающего со штрихом штанги.

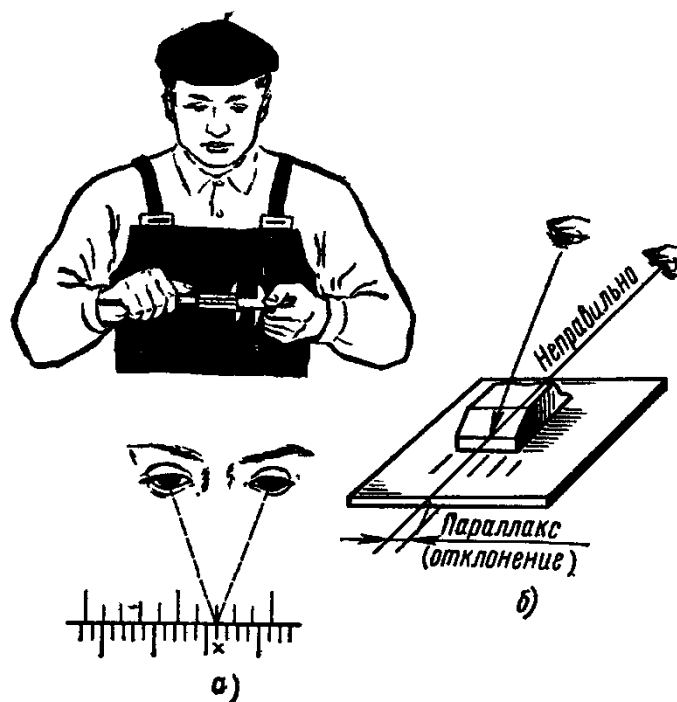


Рис. 5. Чтение показаний штангенциркуля

ПРИМЕР. Нулевой штрих совпадал с 39-м делением на штанге, а нониус в нулевое деление показал 7-е деление. Результат измерений будет равен: $39 + 0,1 \times 7 = 39,7 \text{ мм}$.

Упражнение 2. Измерение штангенциркулем ШЦ-II

1. Ознакомиться с конструкцией штангенциркуля ШЦ-II (рис. 6, а).

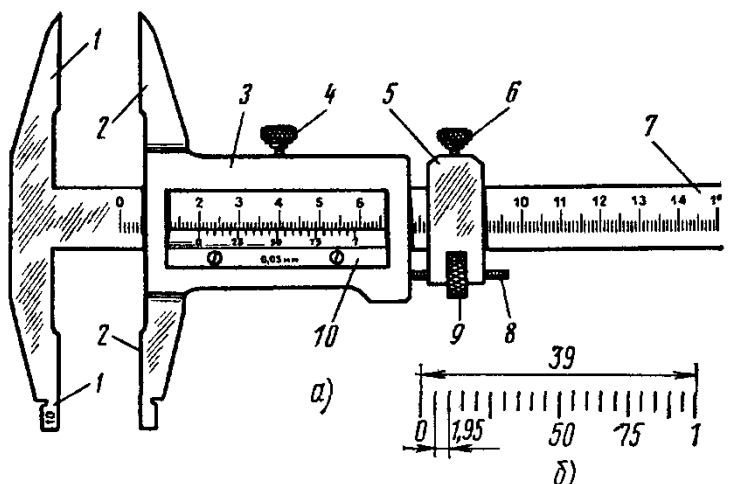


Рис. 6. Штангенциркуль ШЦ-II:

1 – неподвижная измерительная губка, 2 – подвижная измерительная губка, 3 – подвижная рамка, 4 – зажим рамки, 5 – рамка микрометрической подачи, 6 – зажим рамки микроподачи, 7 – штанга с миллиметровыми делениями, 8 – винт микроподачи, 9 – гайка подачи рамки, 10 – нониус

2. Изучить устройство нониуса: он имеет длину 39 мм, разделен на 20 частей. Одно деление нониуса составляет $39:20=1,95 \text{ мм}$ (рис.6, б), это на 0,05 мм меньше целого числа.

3. Выполнить задания (см. упр.1, п.2 и 3).
4. Проверить взаимодействие отдельных частей штангенциркуля:
 - а) плавность хода рамки, параллельность губок, нет ли перекоса, мертвого хода в микрометрической паре, тугого перемещения движка рамки, ослабления и смещения пружины, расположенной под стопорным винтом;
 - б) нет ли износа рабочих поверхностей шкалы линейки и рамки, вызывающего перекос измерительных поверхностей губок, неточности штрихов на шкале и нониусе.
5. Проверить нулевое положение:
 - а) проверить совпадение нулевого штриха нониуса 10 с нулевым делением (штрихом) штанги 7 . Для грубых измерений рамку 3 переместить по штанге до плотного прилегания губок. Для точной установки штангенциркуля пользоваться микрометрической подачей $8, 9$;
 - б) при отсутствии просвета между губками для наружных измерений или при большом просвете (не более 3 мкм) нулевые штрихи штанги и нониуса при сдвинутых губках должны совпадать. Положение шкалы штангенциркуля и нониуса штангенциркуля ШЦ-II величиной отсчета $0,05$ мм показано на рис. 7.

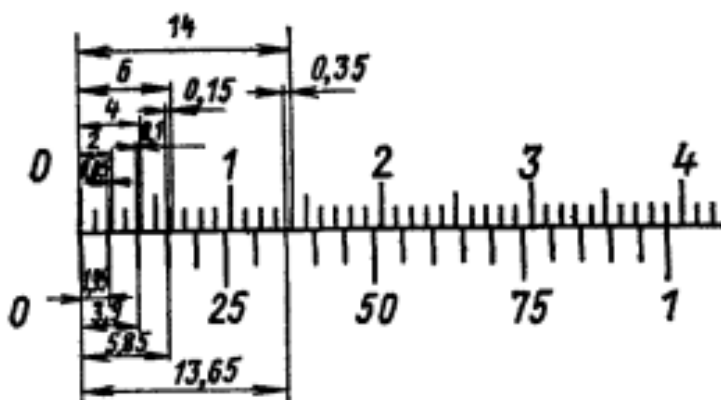


Рис. 7. Чтение показаний штангенциркуля ШЦ- II

6. Приемы измерения штангенциркулем ШЦ-II:
 - а) установить приблизительно контролируемый размер (при наружном измерении рис.8, а несколько больше, а при внутреннем рис. 8, б несколько меньше контролируемого размера). Закрепить рамку микрометрической подачи 2 ;
 - б) взять штангенциркуль правой рукой, а левой поддерживать губку штанги или деталь (если небольших размеров);
 - с) правой рукой, закрепив движок 2 с помощью гайки микроподачи 3 , плавно передвигать рамку 1 так, чтобы губки соприкасались с проверяемой поверхностью, закрепить рамку, не допуская перекоса и добиваясь нормального усилия;

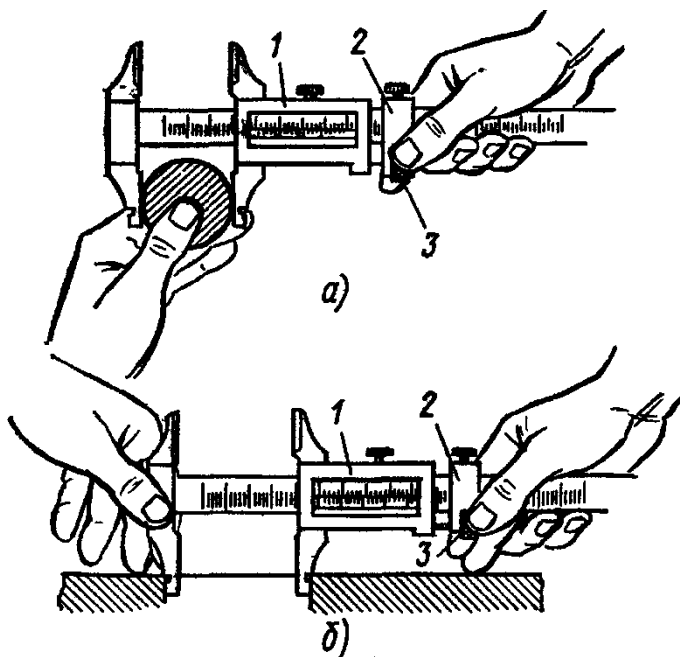


Рис. 8. Приемы измерений штангенциркулем ШЦ-II

d) устанавливать штангенциркуль так, чтобы деталь – линия измерения не имела перекоса, а была перпендикулярно оси детали.

Неправильная установка штангенциркуля ведет к завышению показания (рис.9 – наружные измерения; рис. 10 – внутренние измерения).

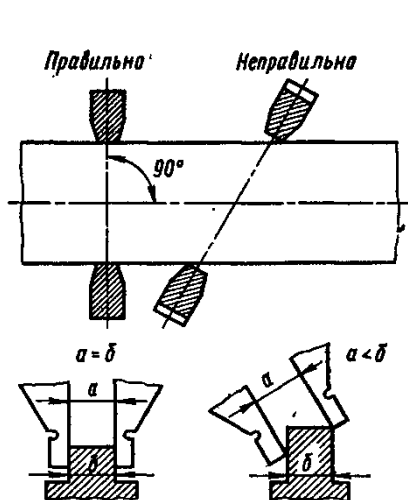


Рис. 9. Установка штангенциркуля при измерении наружных поверхностей

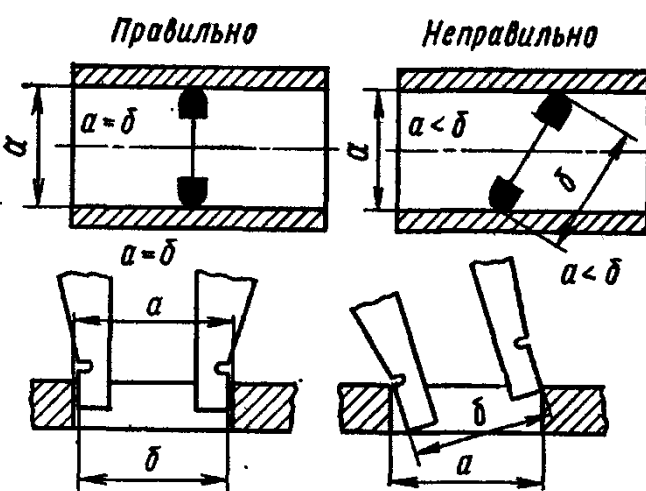


Рис. 10. Установка штангенциркуля при измерении внутренних поверхностей

7. Чтение показаний штангенциркуля ШЦ-II:

- штангенциркуль держать прямо перед глазами (рис.5);
- отсчитывать целое число миллиметров слева направо нулевым штрихом нониуса;
- найти штрих нониуса, совпадающий со штрихом шкалы штанги. К ближайшей слева цифре, обозначающей сотые доли миллиметра, прибавить результаты умножения величины отсчета на порядковый номер короткого штриха

нониуса, совпадающего со штрихом штанги, считая его от длинного цифрового штриха. Примеры показаны на рис. 11, а, б;

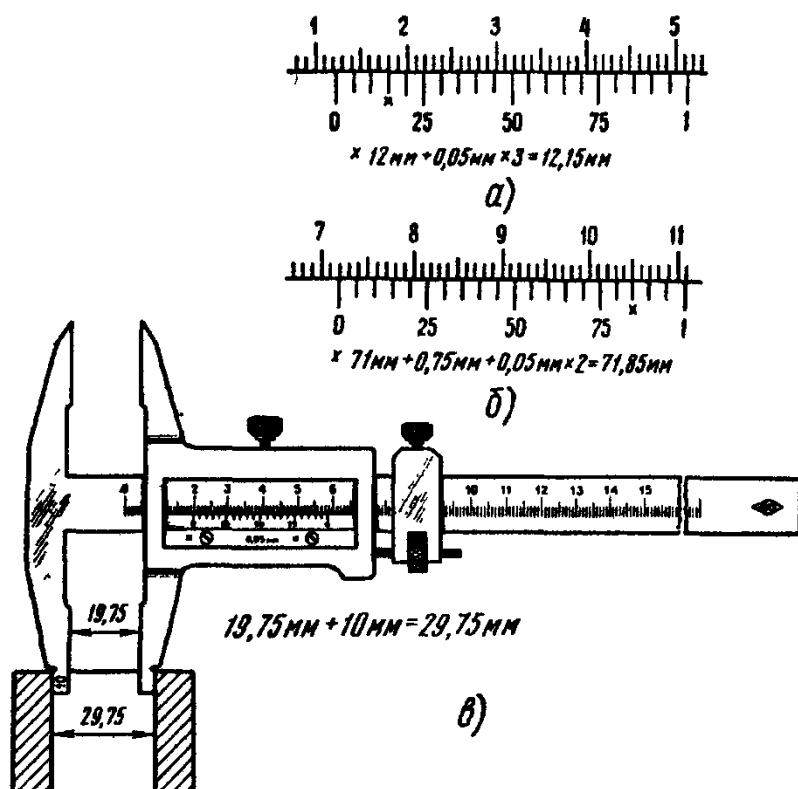
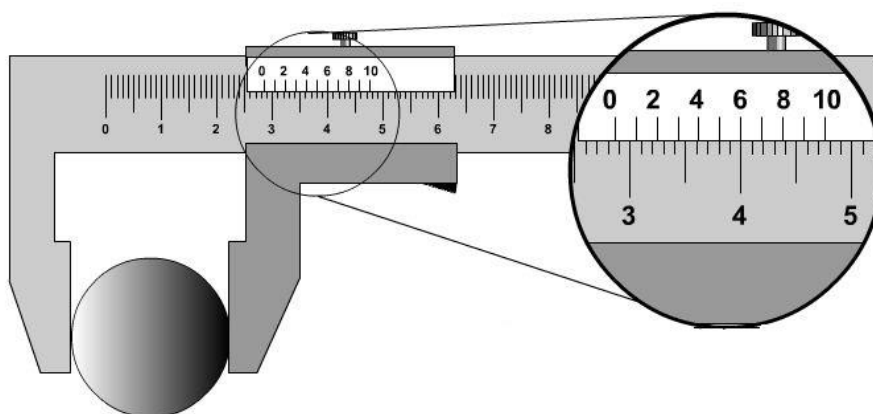


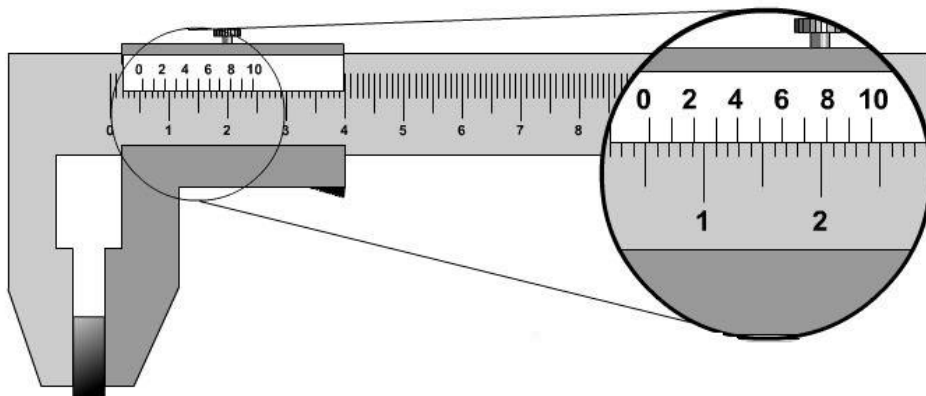
Рис. 11. Примеры отсчета при измерениях:
 а, б – наружных поверхностей, в – внутренних

д) при внутреннем измерении (рис.11, в) к показаниям штангенциркуля прибавляется толщина губок (10 мм), указанная на них.

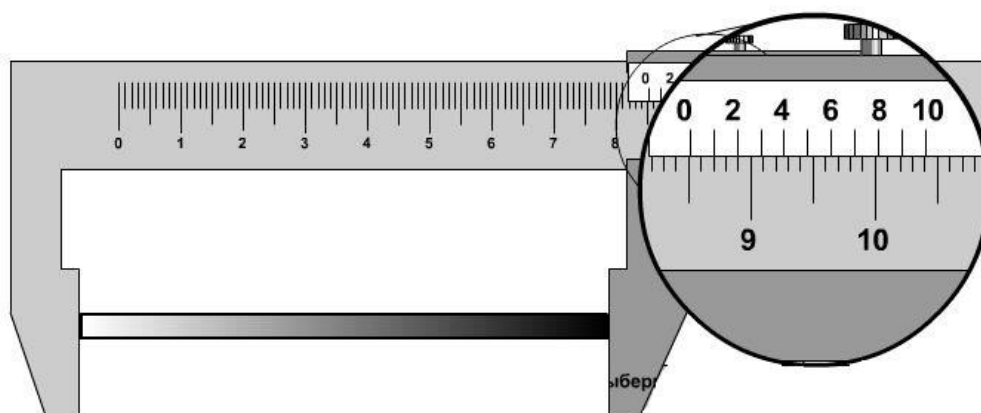
8. На рисунках 12,13,14 найдите на шкалах штангенциркуля размер.



Ответ:



Ответ:



Ответ:

Практическая работа № 10

Тема: «Измерения микрометрами различных типов»

Цель работы: изучить конструкцию, наладку и приемы измерения микрометрами.

Оборудование и материалы.

1. Микрометры в ассортименте
2. Образцы для проведения измерений
3. Учебная и техническая литература

Типы микрометров:

МК – микрометры гладкие для измерения наружных размеров изделий;

МЛ – микрометры листовые с циферблатом для измерения толщины листов и лент;

МТ – микрометры трубные для измерения толщины стенок труб;

МЗ – микрометры зубомерные для измерения зубчатых колес.

Микрометры типа МК предназначены для измерения наружных размеров. Они выпускаются с пределами измерений: 0-25; 25-50 и т.д. через каждые 25 мм, а затем с 300-400; 400-500; 500-600 мм.

Микрометры с верхним пределом измерений 50 мм и более снабжаются установочными мерами 8 (рис. 12). Микрометры с верхним пределом измерений более 300 мм имеют подвижные пятки, обеспечивающие возможность измерений любого размера в пределах данного микрометра.

Порядок выполнения работы

Упражнение 1. Измерение микрометром МК

1. Изучить конструкцию микрометра МК (рис.12, а).

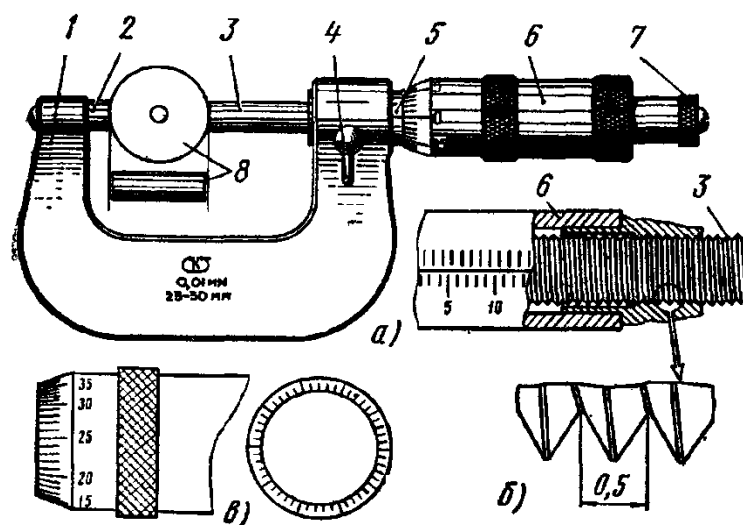


Рис. 12. Микрометр МК:

а – устройство, б – микрометрический винт, в – барабан; 1 – скоба, 2 – пятка, 3 – винт, 4 – стопор, 5 – стель, 6 – барабан, 7 – трещетка, 8 – установочная мера

2. Ознакомьтесь с устройством и назначением нониуса (рис. 12, в):

- на наружной поверхности стержня 5 проведена продольная линия, ниже которой нанесены миллиметровые деления;
- микрометрический винт 3, шаг которого равен 0,5 мм, связан с барабаном 6. Коническая часть барабана разделена по окружности на 50 равных частей (нониус на рис. 12, в);
- за один оборот микрометрический винт 3 перемещается вдоль оси на шаг резьбы (рис.12, б). При повороте на одно деление микрометрический винт 3, соединенный с барабаном 6, перемещается вдоль оси на $1/50$ шага, т.е. $0,5:50=0,01$ мм, являющейся ценой деления микрометра.

3. Установка нулевого положения нониуса (рис. 13):

- нулевое положение микрометра проверить перед измерением: у правильно отрегулированного микрометра пятка 2 и винт 3 (см. рис. 12) должны соприкасаться с измерительными поверхностями установочной меры 8 или непосредственно между собой (при пределах измерения диаметра 0 – 25 мм), а нулевой штрих ба-

рабана должен совпадать с продольным штрихом стебля, при этом скос барабана должен открывать нулевой штрих стебля (рис.13, а);

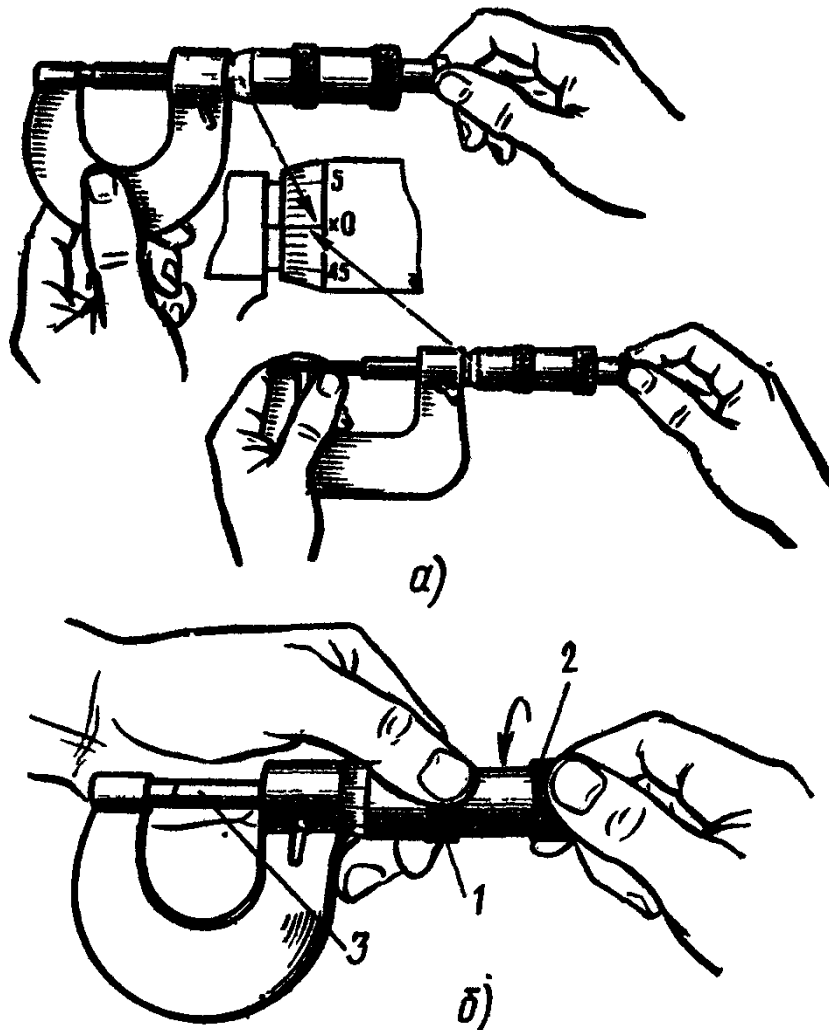


Рис. 13. Установка нулевого положения микрометра МК

б) при несовпадении штрихов микрометр следует отрегулировать:

- застопорить микрометрический винт 3 при сведенных измерительных плоскостях;
- ослабить колпачок 2, связывающий барабан с микроскопическим винтом, придерживая левой рукой за поясик 1 (рис. 13,б);
- освободить барабан от сцепления с винтом и повернуть его до совпадения нулевого штриха на скосе барабана с продольным штрихом стебля (рис. 13, а);
- закрепить барабан на винте с помощью колпачка.

4. Измерение микрометром МК:

- а) протереть измерительные поверхности мягкой тканью или бумагой (рис. 14, а – б);
- б) установить микрометр на размер, несколько больший проверяемого;
- с) взять микрометр (рис. 14, в) левой рукой за скобу 1 (посередине), а измеряемую деталь 3 поместить между пяткой 2 и торцом микрометрического винта 4;

- d) пальцами правой руки плавно вращать трещотку 5, слегка прижимать торцом микрометрического винта 4 деталь 3 к пятке 2 до соприкосновения его поверхностью проверяемой детали, пока трещотка 5 не начнет провертываться и пощелкивать;
- e) при измерении детали линия измерения должна быть перпендикулярна образующей и проходить через центр (рис.14, z).

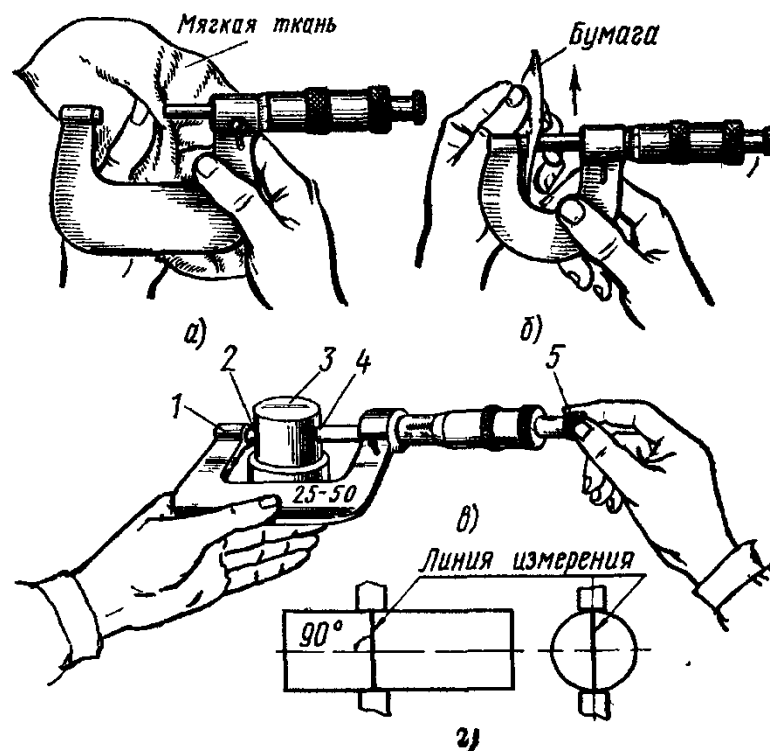
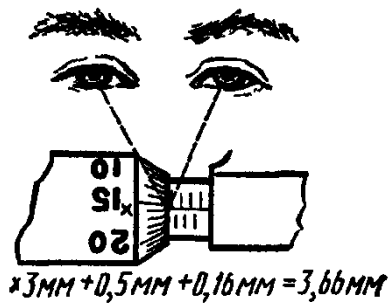


Рис. 14. Измерения микрометром МК:

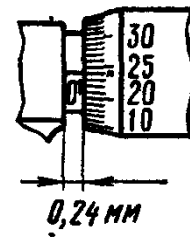
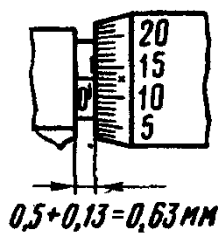
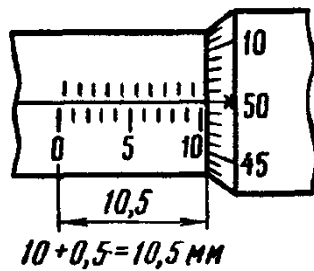
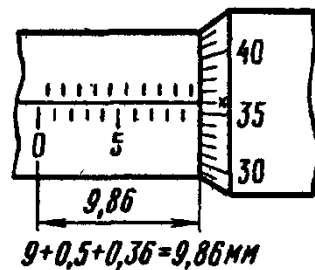
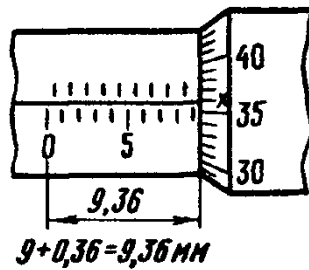
a, б – протирка рабочих частей, *в* – прием установки микрометра, *z* – линия измерения

5. Чтение показаний микрометра:

- a) при чтении показаний микрометр держать прямо перед глазами (рис.15, *a*);
- b) целое число миллиметров отсчитывать по нижней шкале, половины миллиметра – по верхней шкале стебля, а сотые доли миллиметра отсчитывать по делениям шкалы барабана, по штриху, совпавшему с продольной риской на втулке;
- c) на рис. 15, *б* приведены примеры отсчетов.



a)



б)

Рис. 15. Работа с микрометром:
a – чтение показаний, *б* – примеры отсчета

Критерии оценивания

Оценка индивидуальных образовательных достижений по результатам текущей и промежуточной аттестации производится в соответствии с универсальной шкалой (таблица).

Процент результативности (правильных ответов)	Качественная оценка индивидуальных образовательных достижений	
	балл (отметка)	вербальный аналог
90 ÷ 100	5	отлично
70 ÷ 89	4	хорошо
50 ÷ 69	3	удовлетворительно
менее 50	2	не удовлетворительно

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Основные источники:

1. Гребенкин, В. З. Техническая механика : учебник и практикум для СПО / В. З. Гребенкин, Р. П. Заднепровский, В. А. Летягин ; под ред. В. З. Гребенкина, Р. П. Заднепровского. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 390 с. Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт].

Дополнительные источники:

2. Дунаев П.Ф. Детали машин: Курсовое проектирование/ П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов -М: Машиностроение, 2003.-536 с.
3. Болотин, С.В. Теоретическая механика: учебник для СПО / С.В. Болотин – М.: Академия, 2010. – 256с. - (Среднее профессиональное образование).
4. Верейна, Л.И. Основы технической механики: учебное пособие для СПО/ Л.И. Верейна - М.: Академия, 2009. – 80 стр.

INTERNET-ресурсы:

1. Федеральный сайт образования - <http://www.edu.ru>.
2. Теоретическая механика - <http://www.twirpx.com/files/machinery/termech/>
3. Техническая механика - <http://technical-mechanics.narod.ru/>
4. Техническая механика - <http://mehanikamopk.narod.ru/dm/main.html>
5. Техническая механика - <http://www.twirpx.com/files/machinery/ptm>
6. Сопротивление материалов - <http://www.twirpx.com/files/machinery/sopmat/>