

**ЧАСТНОЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ГАЗПРОМ ТЕХНИКУМ НОВЫЙ УРЕНГОЙ»**

**Сборник методических указаний для студентов
по выполнению практических работ**

по дисциплине ОП. 01 «Техническая механика»

общепрофессионального цикла

образовательной программы

08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и
гражданских зданий»

Новый Уренгой 2022

Методические указания для выполнения практических работ разработаны в соответствии рабочей программой дисциплины ОП.01 «Техническая механика» и содержат требования по подготовке, выполнению и оформлению результатов практических работ.

Методические указания адресованы студентам отделения очной и заочной формы обучения.

РАЗРАБОТЧИК:

Жанна Викторовна Бондарь, преподаватель высшей квалификационной категории

Данные методические указания
являются собственностью

© ЧПОУ «Газпром Техникум Новый Уренгой»

Рассмотрена на заседании ПК общетехнических
дисциплин и рекомендована к применению

Протокол № 3 от « 10 » 11 2022г.

Председатель ПК ОТД Филиппова О.А. Филиппова
Зарегистрирована в Банке программной и учебно-
методической документации

Регистрационный номер

842.МУ(РР).ЭП.ОП.01.ПК010 001-22

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
1. Требования к оформлению отчетов по лабораторным/практическим работам	7
2. Критерии оценки лабораторной/практической работы	8
3. Практические работы	
3.1 Практическая работа № 1 Решение задач по теме: «Определение реакций связей»	9
3.2 Практическая работа № 2 Решение задач по теме: «Определение положения центра тяжести составного сечения»	17
3.3 Практическая работа №3 Решение задач по темам: «Кинематика», «Динамика»	24
3.4 Практическая работа №4 Решение задач по темам: «Расчет бруса на прочность и жесткость при кручении»	37
3.5 Практическая работа №5 Решение задач по теме: «Расчет кинематической цепи (привода)»	44
4. Список использованных источников	53
ПРИЛОЖЕНИЕ А	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Б	62

ВВЕДЕНИЕ

Уважаемый студент!

Методические указания и задания по дисциплине ОП.01 «Техническая механика» для выполнения практических работ созданы вам в помощь для работы на занятиях, подготовки к практическим работам, правильного составления отчетов.

Приступая к выполнению практической работы, вы должны внимательно прочитать цель занятия, ознакомиться с требованиями к уровню вашей подготовки в соответствии с федеральными государственными стандартами третьего поколения (ФГОС-3), краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы.

Все задания к практической работе вы должны выполнять в соответствии с инструкцией, анализировать полученные в ходе занятия результаты по приведенной методике.

Отчет о практической работе вы должны выполнить по приведенному алгоритму, опираясь на образец.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к экзамену, поэтому в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую вы должны найти время для ее выполнения или пересдачи.

Выполнение практических работ направлено на достижение следующих **целей**:

- обобщение, систематизация, углубление, закрепление полученных теоретических знаний;

- формирование умений, получение первоначального практического опыта по выполнению профессиональных задач в соответствии с требованиями к результатам освоения дисциплины. Освоенные на практических и занятиях умения в совокупности с усвоенными знаниями и полученным практическим опытом при прохождении учебной и производственной практики формируют профессиональные компетенции;

- выработка при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как творческая инициатива, самостоятельность, ответственность, способность работать в команде и брать на себя ответственность за работу всех членов команды, способность к саморазвитию и самореализации, которые соответствуют общим компетенциям, перечисленным в ФГОС СПО.

Предусмотрено проведение 5 практических работ для очной и заочной формы обучения.

Для преподавателей общепрофессионального цикла.

Образовательные результаты, подлежащие проверке в ходе выполнения практических работ.

В совокупности практические работы по учебной дисциплине «Техническая механика» охватывают весь круг умений и знаний, перечисленных в рабочей программе ОП.01 «Техническая механика». Выполнение практических работ направлено на формирование профессиональных и общих компетенций, предусмотренных во ФГОС СПО по специальности 08.02.09 «Монтаж, наладка и эксплуатация электрооборудования промышленных и гражданских зданий»

Умения:

Код	Наименование результата обучения
У1	Решать задачи кинематики и динамики прямолинейного и вращательного движений
У2	Определять силовые факторы, действующие на элементы конструкций
У3	Выполнять расчеты на прочность и жесткость элементов конструкций при воздействии внешних и внутренних силовых факторов
У4	Выполнять расчеты разъемных и неразъемных соединений на определении неразрушающих нагрузок

Знания:

Код	Наименование результата обучения
Зн 1	Законы механического движения и равновесия
Зн 2	Параметры напряженно-деформированного состояния элементов конструкций при различных видах нагружения
Зн 3	Методику расчета на прочность и жесткость элементов конструкций при различных видах нагружения
Зн 4	Основные типы деталей машин и механизмов, основные типы разъемных и неразъемных соединений

Общие компетенции:

Код	Наименование общих компетенций
ОК 1	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам
ОК 2	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности
ОК 3	Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие
ОК 4	Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами
ОК 5	Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста
ОК 6	Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей
ОК 7	Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

Профессиональные компетенции:

Код	Наименование профессиональных компетенций
ПК 2.1	Организовывать и выполнять подготовку систем и объектов к строительству и монтажу
ПК 2.2	Организовывать и выполнять работы по строительству и монтажу систем газораспределения и газопотребления в соответствии с правилами и нормами по охране труда, требованиями пожарной безопасности и охраны окружающей среды
ПК 2.4	Выполнять пусконаладочные работы систем газораспределения и газопотребления
ПК 3.1	Осуществлять контроль и диагностику параметров эксплуатационной пригодности систем газораспределения и газопотребления
ПК 3.4	Осуществлять надзор и контроль за ремонтом и его качеством
ПК 4.2	Контроль за соблюдением работниками правил и норм по охране труда, требований пожарной безопасности и охраны окружающей среды при производстве строительных работ
ПК 4.3	Руководство другими работниками в рамках подразделения и взаимодействие с сотрудниками смежных подразделений при производстве строительных работ систем газораспределения и газопотребления
ПК 4.4	Подготовка результатов строительных работ к сдаче заказчику
ПК 6.4в	Выполнение работ по эксплуатации и ремонту двигателей внутреннего сгорания

Внимание! Если в процессе подготовки к практическим работам или при решении задач у вас возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения разъяснений или указаний в дни проведения дополнительных занятий или консультаций. Время проведения дополнительных занятий можно узнать в открытом информационном пространстве Техникума.

2. Требования к оформлению отчетов по практическим работам.

При выполнении практических работ необходимо соблюдать следующие требования:

- практические работы выполняются в отдельной тетради в клетку;
- на обложке тетради пишутся: фамилия, имя, отчество, наименование дисциплины, номер варианта;
- практические работы выполняются обязательно чернилами, а рисунки и схемы — карандашом четко и аккуратно;
- для пометок и замечаний преподавателя необходимо соблюдать достаточный интервал между строками и оставлять поля на страницах шириной не менее 40 мм;
- каждую практическую работу нужно начинать с новой страницы;
- тексты условий задач переписываются обязательно, решение задач должны поясняться необходимыми аккуратно выполненными схемами (эскизами), подзаголовками с указанием, что определяется или что рассматривается, ссылками на теоремы, законы, правила и методы.

Перед чистовым оформлением задачи следует тщательно проверить действие, правильность подстановки величин, соблюдение их размерности (вычисления производить только в единицах СИ), а также правдоподобность полученных результатов. Если возможно, следует проверить правильность ответа, решив задачу вторично каким-либо иным путем.

Выполненную работу следует своевременно сдать преподавателю на проверку.

После получения зачтенной работы необходимо внимательно изучить замечания преподавателя, обратить внимание на ошибки и доработать материал.

Не зачтенная практическая работа выполняется заново, или переделывается частично по указанию преподавателя. Практические работы предъявляются на экзамене. Студент не выполнивший практические работы к экзамену не допускается.

3. Критерии оценки экзамена

Оценка	Критерии
«Отлично»	выставляется студенту, глубоко и прочно усвоившему программный материал, исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагающему, в свете которого тесно увязывается теория с практикой. При этом студент свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами контроля знаний, правильно обосновывает принятые решения, владеет разносторонними навыками и приемами решения практических задач
«Хорошо»	выставляется студенту, твердо знающему программный материал, грамотно и по существу излагающего его, который не допускает существенных неточностей в решении задач, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми приемами их решения
«Удовлетворительно»	выставляется студенту, который имеет знания только основного материала, но не усвоил его детали, допускает неточности, недостаточно правильные решения, нарушения последовательности в решении задач и испытывает трудности в их выполнении
«Неудовлетворительно»	выставляется студенту, который не усвоил значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большим затруднением решает практические задачи

Практическая работа № 1

Тема: «Определение реакций связей»

Учебная цель:

- формировать умение определять реакции связей.

Для решения практической работы №1 следует приступить после изучения тем: «Основные понятия и аксиомы статики», «Связи и их реакции», «Плоская система сходящихся сил», «Плоская система произвольно расположенных сил» и разбора примеров приведенных ниже.

В предлагаемых задачах рассматриваются тела, которые находятся в равновесии под действием плоских систем сил.

Практическая работа содержит две задачи.

Порядок выполнения работы:

Пример 1.1 (рис.1.1)

Определить силы, нагружающие стержни АВ и АС кронштейна, удерживающего в равновесии груз $F = 6$ кН и растянутую пружину, сила упругости которой $F_1 = 2$ кН

Весом частей конструкции, а также трением на блоке пренебречь

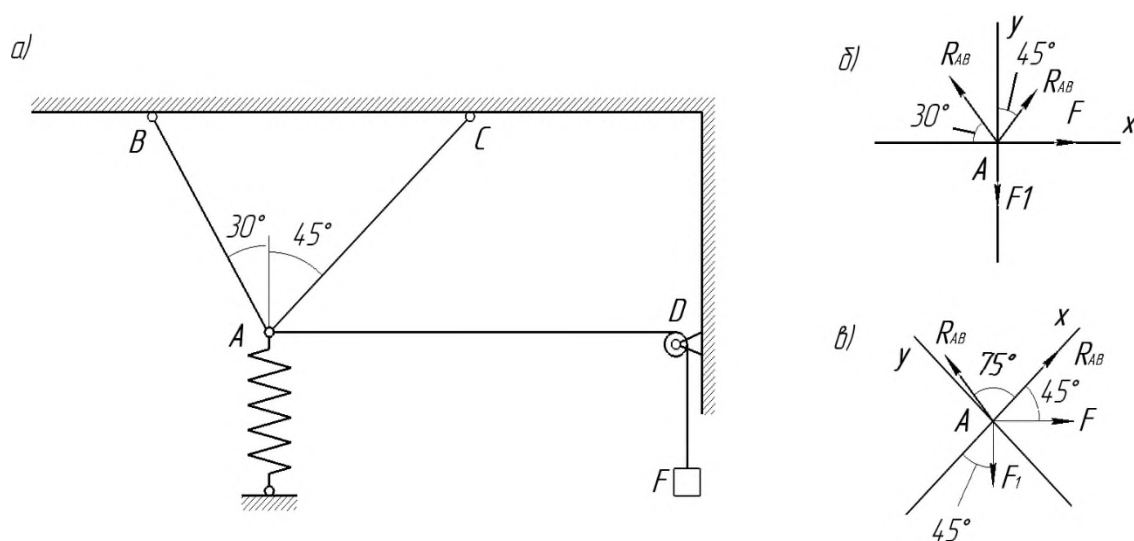


Рисунок 1.1

Решение:

Задачу решаем аналитическим методом.

Рассмотрим равновесие точки схода А. К ней приложены заданные активные силы - сила натяжения троса АД, равная весу груза F, и сила упругости пружины F₁. Так как и трос, и пружина растянуты, то эти силы направлены от точки А.

Рассмотрим точку А, как свободную, отбросим связи (стержни АВ и АС), заменяя их действие реакциями R_{АВ} и R_{АС}. Реакции стержней направим от точки А, так как предварительно полагаем стержни растянутыми (действительные направления реакций стержней в начале решения неизвестны) Если наше предположение окажется неверным, то искомая реакция стержня получится в ответе со знаком минус, это говорит о том, что стержень сжат и истинное направление реакции к точке А, т.е. в противоположную сторону. Полученная расчетная схема изображена на рисунке 1.1 б.

Принимаем обычное вертикально-горизонтальное направление координатных осей. Для полученной плоской системы сходящихся сил составляем два уравнения равновесия:

$$\Sigma F_{xi} = 0; F + R_{AC}\cos 45^\circ - R_{AB}\cos 60^\circ = 0;$$

$$6 + R_{AC} - 0,707R_{AB} \cos 30^\circ = 0;$$

$$\Sigma F_{yi} = 0; R_{AC} \cos 45^\circ + R_{AB} \cos 60^\circ - F_1 = 0;$$

$$R_{AC} \cdot 0,707 + R_{AB} \cdot 0,866 - 2 = 0.$$

Решая полученную систему уравнений, находим R_{АВ} = 5,86 кН и R_{АС} = - 4,34 кН. Искомые силы, нагружающие стержни, по модулю равны найденным реакциям стержней.

Стержень АВ оказался растянутым, а стержень АС - сжатым.

Следует отметить, что каждое из полученных уравнений равновесия содержало оба неизвестных, чего можно было избежать, направив координатные оси по-другому - совместив одну из осей с неизвестной силой (рис.1.1, в). При этом в уравнении равновесия для другой оси окажется лишь одно неизвестное:

$$\Sigma F_{xi} = 0; R_{AC} + F\cos 45^\circ + R_{AB} \cos 75^\circ - F_1 \cos 45^\circ = 0;$$

$$R_{AC} + 6 \cdot 0,707 + R_{AB} \cdot 0,259 - 2 \cdot 0,707 = 0;$$

$$\Sigma F_{yi} = 0; R_{AB}\cos 15^\circ - F\cos 45^\circ - F_1 \cos 45^\circ = 0;$$

$$R_{AC} \cdot 0,966 - 6 \cdot 0,707 - 2 \cdot 0,707 = 0;$$

Откуда R_{АС} = 5,86 кН и R_{АВ} = - 4,34 кН

Для проверки правильности решения составляем проверочное уравнение равновесия - уравнение проекций сил на любую ось.

$$\Sigma F_{xi} = R_{AC} + F + R_{AB} \cos 75^\circ - F_1 \cos 45^\circ = (-4,34) + 6 + 5,86 \cdot 0,259 - 2 \cdot 0,707 = 5,76 - 5,75 = 0,01 \approx 0.$$

Полученное небольшое расхождение в третьем знаке допустимо

Пример 1.2

Для заданной двухопорной балки определить опорные реакции, (рис.1.2 а)

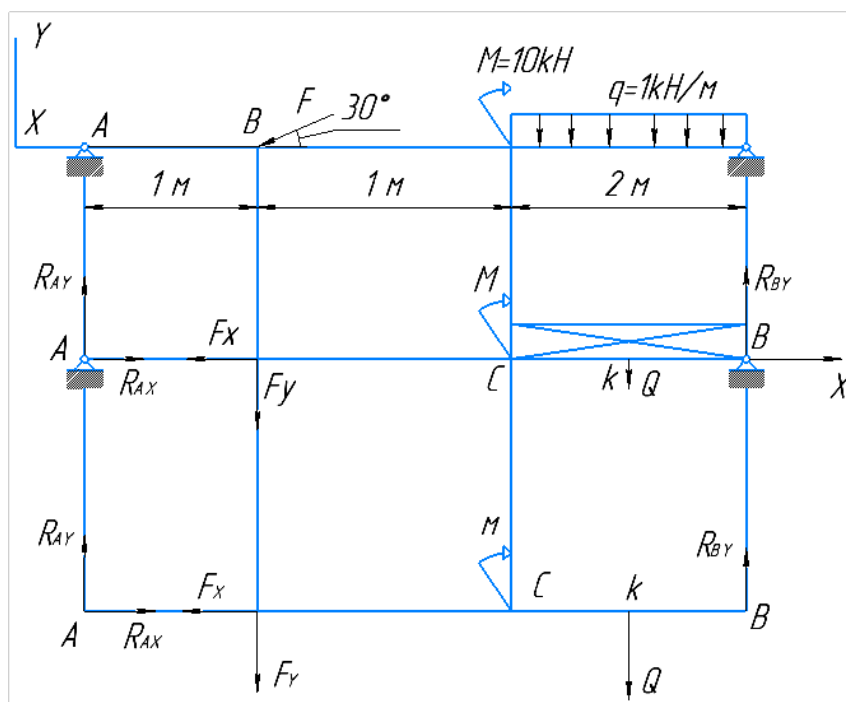


Рисунок 1.2

Решение:

Рассмотрим равновесие балки AD. К ней приложены заданные активная сила F, пара сил с моментом M и равномерно распределенная нагрузка q. Балка AD свободное тело, отбрасываем связи (шарнирные опоры A и D), заменяя их действие реакциями R_{AX} , R_{AY} и R_{DY} . Силу F заменим ее составляющими.

$F_x = F \cos \alpha$ и $F_y = F \sin \alpha$. Равнодействующая $q \cdot CD$ равномерно распределенной нагрузки приложена в середине участка CD, в точке K (рис.1.2 б,в).

Составим уравнения равновесия статики и определим неизвестные реакции опор.

$$\Sigma M_A = F_y \cdot AB + M + q_{CD} \cdot AK - R_{DY} \cdot AD = 0;$$

$$R_{DY} = \frac{F_y \cdot AB + M + q_{CD} \cdot AK}{AD} = \frac{10 \cdot 1 + 10 + 2 \cdot 3}{4} = 6,5 \text{ kH}$$

$$\Sigma M_D = R_{AY} \cdot AD - F_y \cdot BD + M - q_{CD} \cdot KD = 0$$

$$R_{AY} = \frac{F_y \cdot BD - M + q_{CD} \cdot KD}{AD} = \frac{20 \cdot 0,5 \cdot 3 - 10 + 2}{4} = 5,5 \text{ кН}$$

$$\Sigma X_i = R_{AX} + F_x = 0;$$

$$R_{AX} = F_x = F \cos \alpha = 20 \cdot 0,866 = 17,3 \text{ кН}$$

Проверяем правильность найденных результатов:

$$\Sigma Y_i = R_{AY} - F_y - q_{CD} + R_{DY} = 5,5 - 10 - 2 + 6,5 = 0$$

Условие равновесия $\Sigma Y_i = 0$ выполняется, следовательно, реакции опор найдены, верно.

Задача 1.1

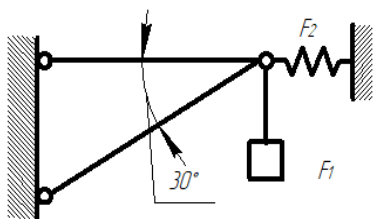
Определить реакции стержней кронштейна. Кронштейн удерживает в равновесии грузы F_1 и F_2 или F_1 и растянутую пружину, сила упругости которой F_2 . Весом частей конструкции, а также трением на блоки пренебречь.

Данные своего варианта см. Таблица 1.1

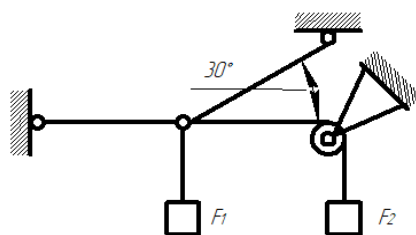
Таблица 1.1 – Исходные данные к задаче 1.1

Вариант №	Схема на рис 1.3	F_1 , кН	F_2 , кН
1	1	15	5
2	2	5	9
3	3	11	7
4	4	13	7
5	5	7	3
6	6	11	5
7	7	3	7
8	8	15	3
9	9	3	9
10	10	3	9
11	1	20	6
12	2	4	10
13	3	12	6
14	4	16	8
15	5	10	4
16	6	14	4
17	7	2	8
18	8	18	4
19	9	4	12
20	10	6	16
21	1	15	5
22	2	5	9
23	3	11	7
24	4	13	7
25	5	7	3
26	3	12	6
27	4	16	8

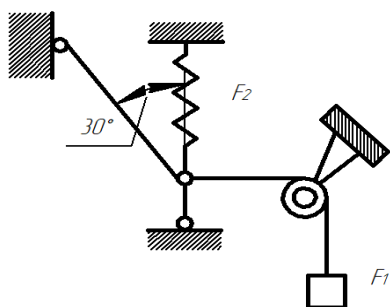
1



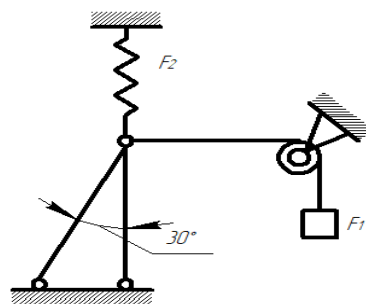
2



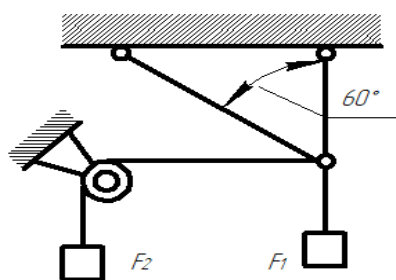
3



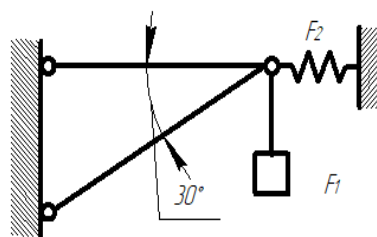
4



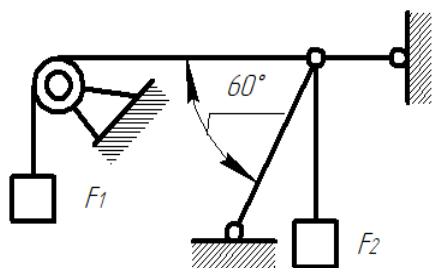
5



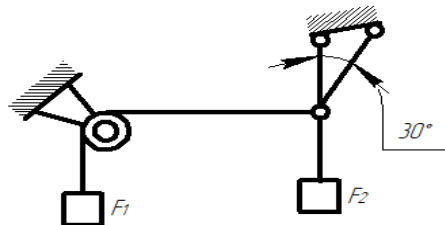
6



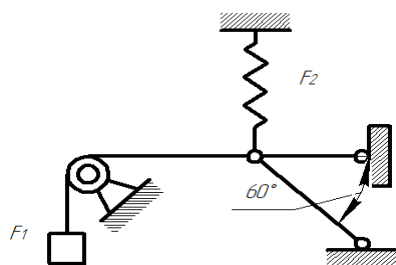
7



8



9



10

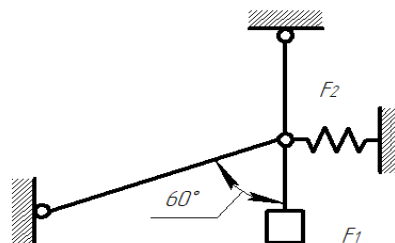


Рисунок 1.3 – Расчетные схемы к задаче 1.1

Задача 1.2

Горизонтальный стержень жестко защемлен одним концом, рис.1.4

Определить реакции в заделке. Провести проверку правильности решения.

Данные своего варианта взять из таблицы 1.2

Таблица 1.2 – Исходные данные к задаче 1.2

Вариант №	Схема на рис 1.4	q , кН/м	F , кН	M , кН·м	a , м
1	1	2	4	5	0,3
2	2	3	6	10	0,2
3	3	2	8	15	0,3
4	4	3	10	20	0,2
5	5	2	12	25	0,3
6	6	3	14	30	0,2
7	7	2	16	35	0,3
8	8	3	18	40	0,2
9	9	2	20	45	0,3
10	10	3	22	50	0,2
11	1	2	4	5	0,3
12	2	3	6	10	0,2
13	3	2	8	15	0,3
14	4	3	10	20	0,2
15	5	2	12	25	0,3
16	6	3	14	30	0,2
17	7	2	16	35	0,3
18	8	3	18	40	0,2
19	9	2	20	45	0,3
20	10	3	22	50	0,2
21	1	2	4	5	0,3
22	2	3	6	10	0,2
23	3	2	8	15	0,3
24	4	3	10	20	0,2
25	5	2	12	25	0,3
26	2	3	6	10	0,2
27	3	2	8	15	0,3

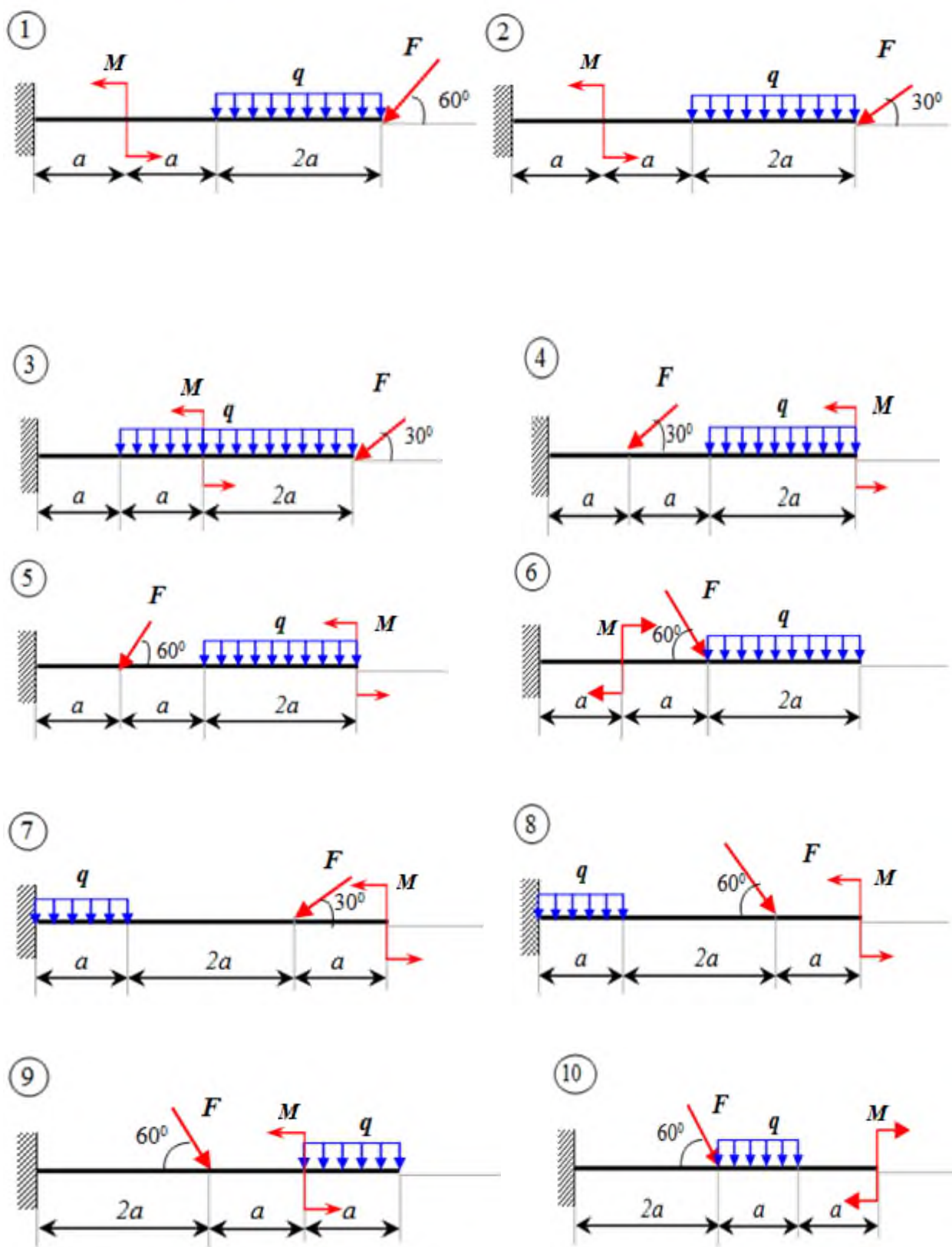


Рисунок 1.4 – Расчетные схемы к задаче 1.2

Практическая работа № 2

Тема: «Определение положения центра тяжести составного сечения»

Учебная цель:

- формировать умение рассчитывать координаты центра тяжести и определять положение центра тяжести.

Для решения практической работы №2 следует приступать после изучения темы: «Центр параллельных сил. Центр тяжести. Координаты центра тяжести плоских тел. Методы определения положения центра тяжести». С целью упрощения решения следует стремиться разбить заданную сложную плоскую фигуру на возможно меньшее число простых частей

Порядок выполнения работы:

Пример 2.1 (рис.2.1)

Для заданного сечения, составленного из приваренных друг к другу прокатных профилей, определить положение центра тяжести

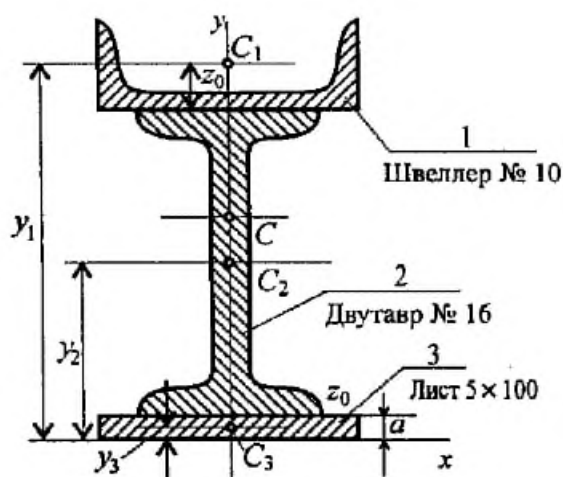


Рисунок 2.1

Решение:

1. Обозначим фигуры номерами и выпишем из таблиц необходимые данные:

1 - швеллер № 10 (ГОСТ8240-89); высота $h = 100$ мм; ширина полки $b = 46$ мм; площадь сечения $A_1 = 10,9$ см²;

2 - двутавр № 16 (ГОСТ8239-89); высота 160 мм; ширина полки 81 мм; площадь сечения $A_2 = 20,2$ см²;

3 - лист 5x100; толщина 5 мм; ширина 100 мм; площадь сечения $A_3 = 0,5 \cdot 10 = 5$ см²

2. Координаты центров тяжести каждой фигуры можно определить по чертежу.

Составное сечение симметрично, поэтому центр тяжести находится на оси симметрии и координата $x_c = 0$.

Швеллер 1: $y_1 = a + h_2 + z_0$; $y_1 = 0,5 + 16 + 1,44 = 17,54$ см

Двутавр 2: $y_2 = a + \frac{h_2}{2}$; $y_2 = 0,5 + 16/2 = 8,5$ см

Лист 3: $y_3 = a/2 = 0,25$ см

3. Определяем центр тяжести составного сечения:

$$y_c = \frac{A_1 y_1 + A_2 y_2 + A_3 y_3}{A_1 + A_2 + A_3}$$

$$y_c = \frac{10,9 \cdot 17,54 + 20,2 \cdot 8,5 + 5 \cdot 0,25}{10,9 + 20,2 + 5} = 10 \text{ см}$$

Контрольные вопросы и задания:

1. Почему силы притяжения к Земле, действующие на точки тела, можно принять за систему параллельных сил?

2. Запишите формулы для определения положения центра тяжести неоднородных и однородных тел, формулы для определения положения центра тяжести плоских сечений.

3. Повторите формулы для определения положения центра тяжести простых геометрических фигур: прямоугольника, треугольника, дуги окружности, кругового сектора.

4. Что называют статическим моментом площади?

5. Вычислите статический момент данной фигуры относительно оси Ох. $h = 30$ см; $b = 120$ см; $c = 10$ см (рис.2.2).

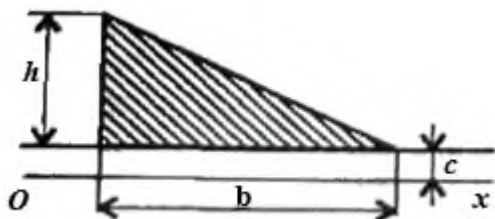


Рисунок 2.2

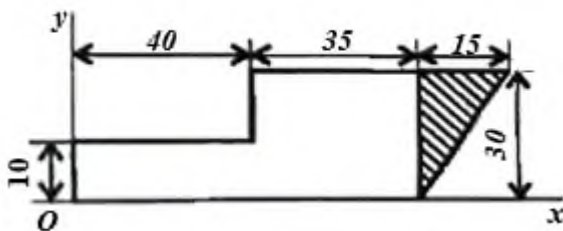


Рисунок 2.3

6. Определите координаты центра тяжести заштрихованной фигуры (рис.2.3). Размеры даны в мм.

7. Определите координату y фигуры 1 составного сечения (рис.2.4).

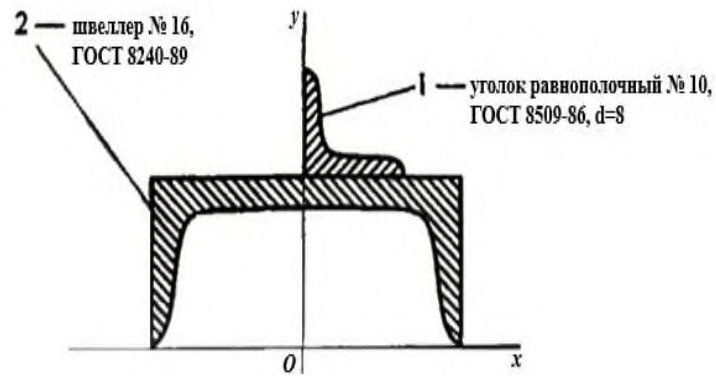
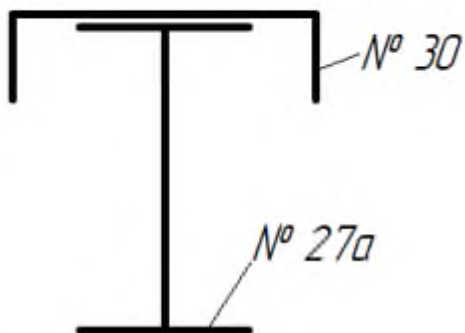


Рисунок 2.4

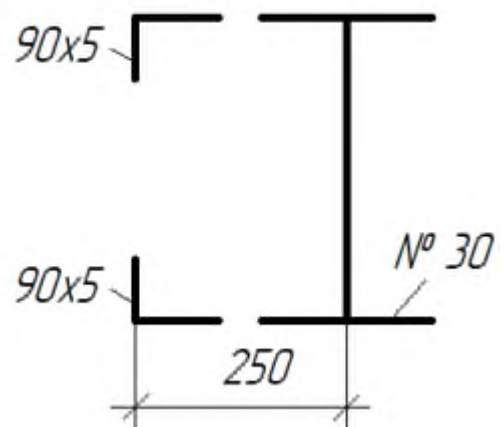
Задача 2.1 (рис. 2.4)

Для заданного сечения, составленного из приваренных друг к другу прокатных профилей, определить положение центра тяжести.

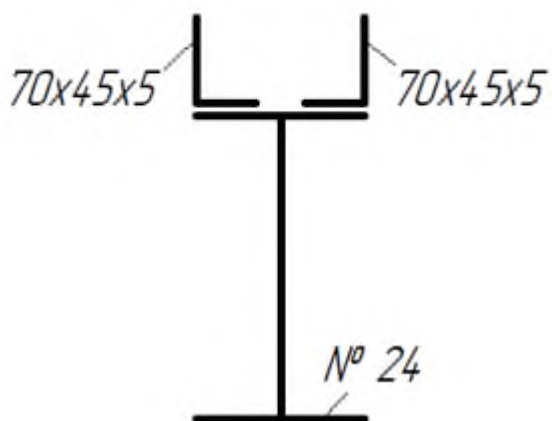
1



2



3



4

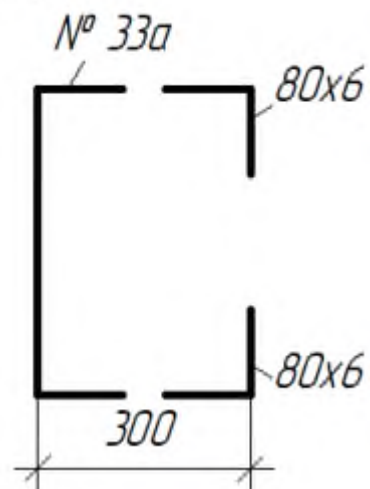
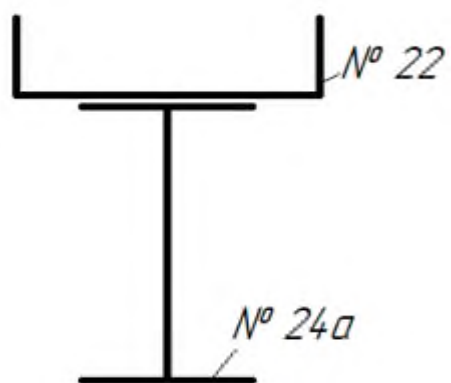
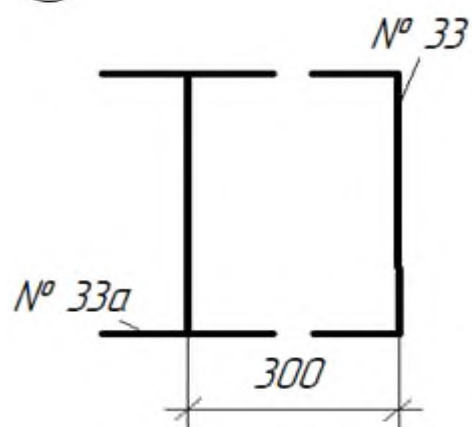


Рисунок 2.4 – Расчетные схемы к задаче 2.1

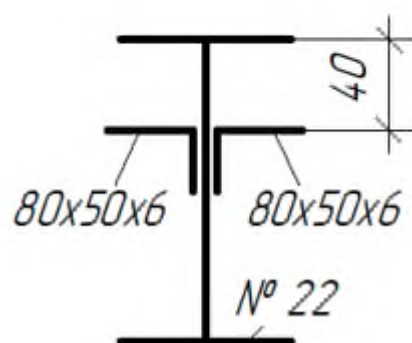
5



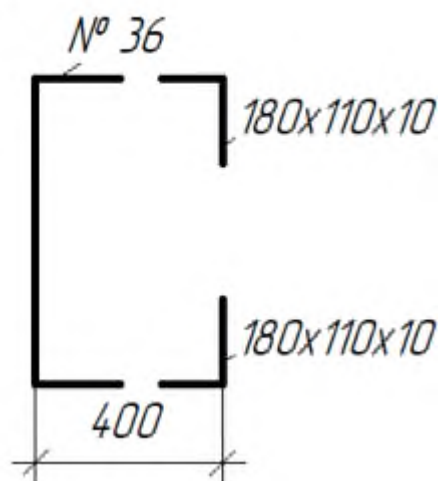
6



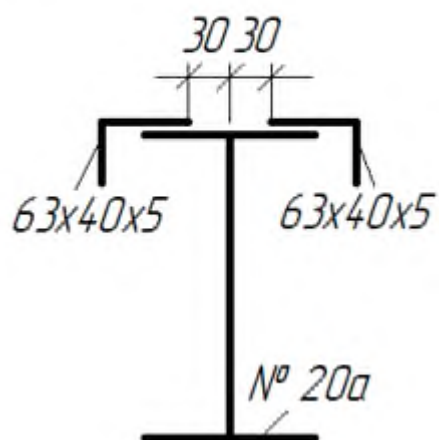
7



8



9



10

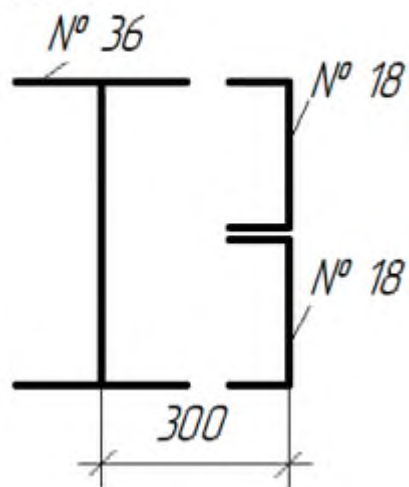


Рисунок 2.4 – Расчетные схемы к задаче 2.1

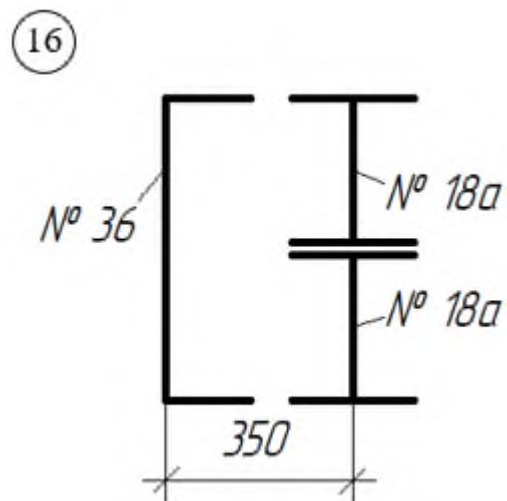
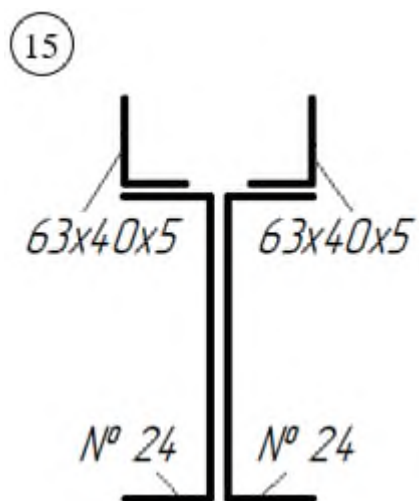
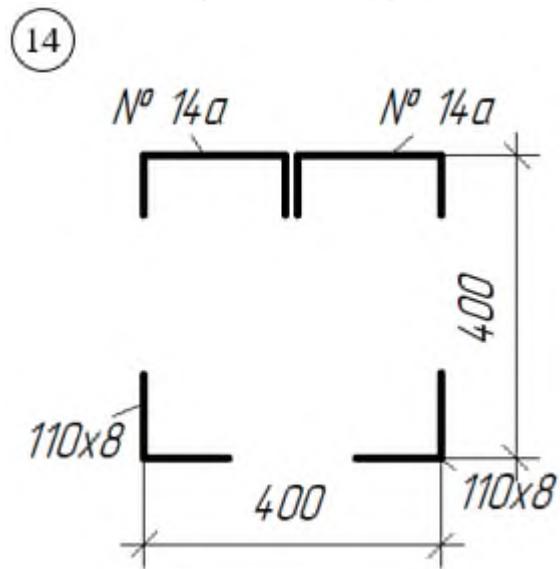
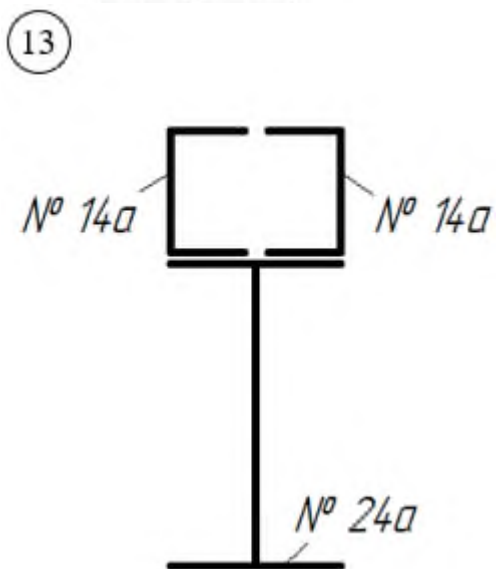
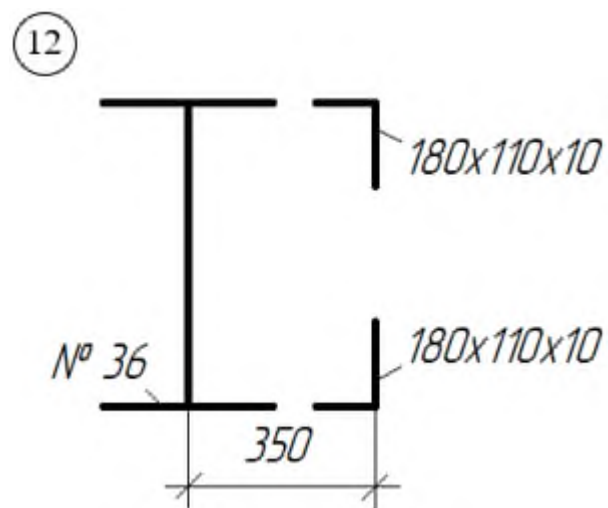
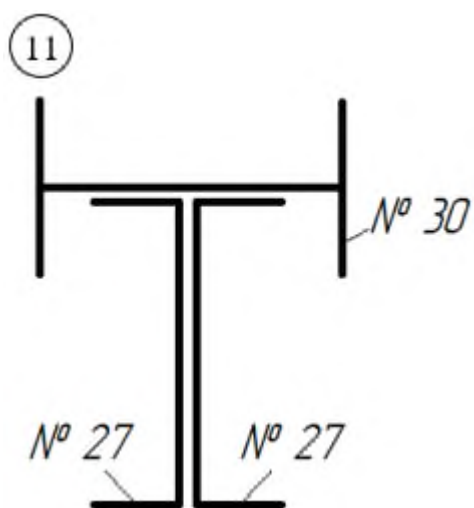
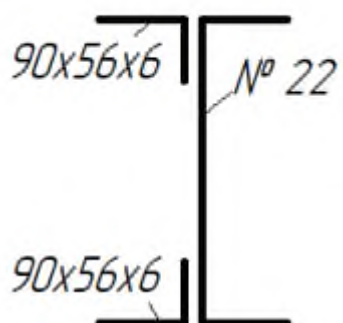
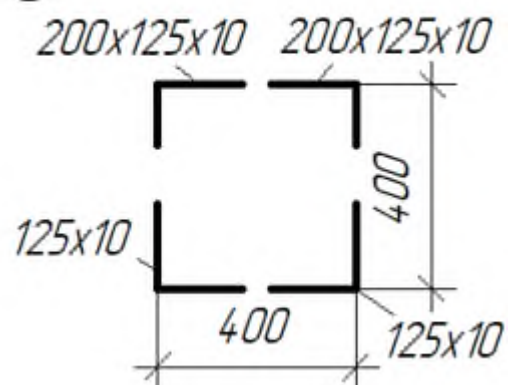


Рисунок 2.4 – Расчетные схемы к задаче 2.1

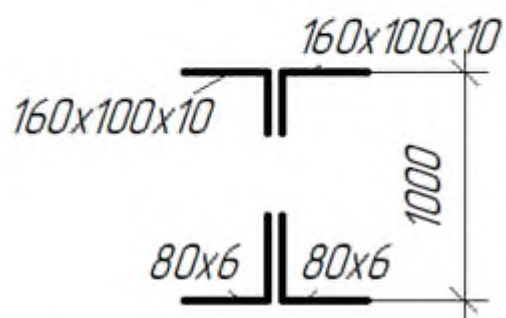
17



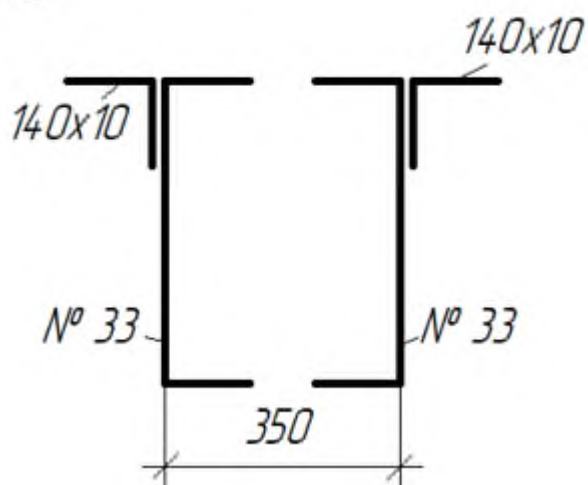
18



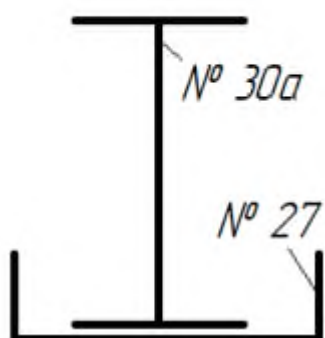
19



20



21



22

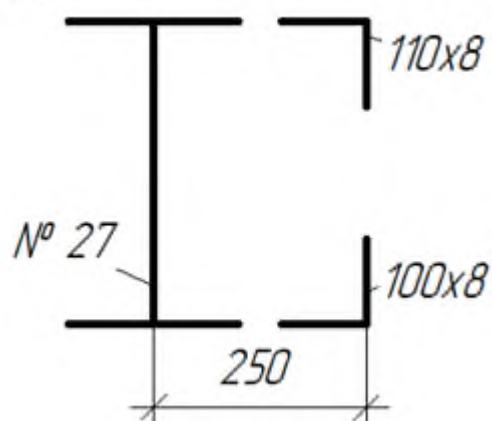
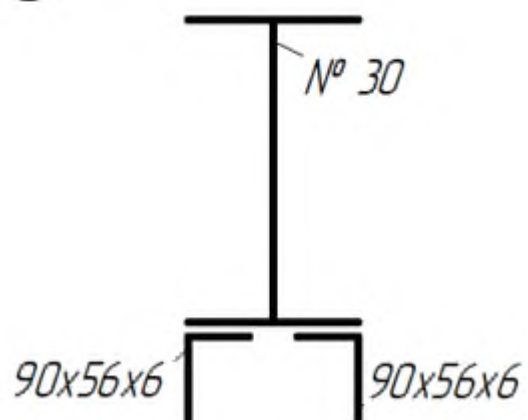
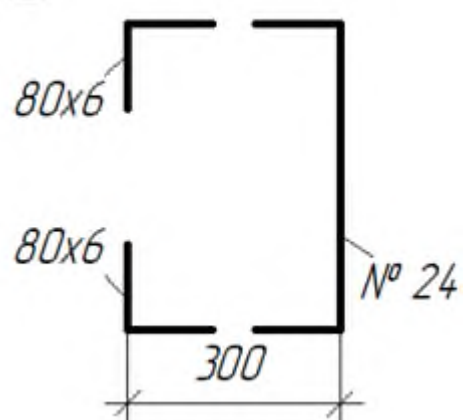


Рисунок 2.4 – Расчетные схемы к задаче 2.1

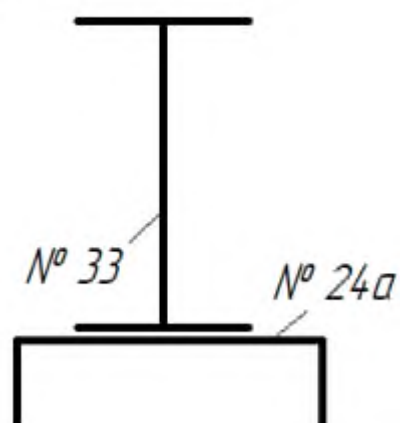
23



24



25



26

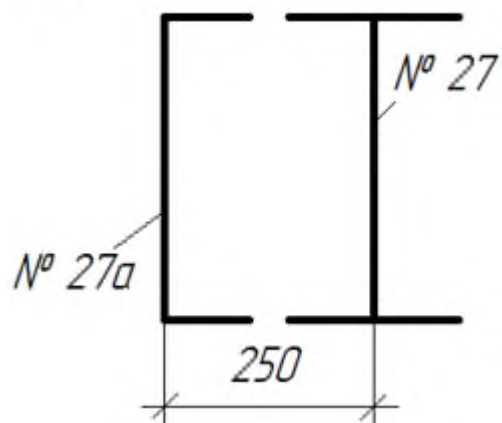


Рисунок 2.4 – Расчетные схемы к задаче 2.1

Практическая работа №3

Решение задач по темам: «Кинематика», «Динамика»

Учебная цель:

- *формировать умение решать задачи по кинематике и динамике.*

Для решения практической работы №3 следует приступать после изучения темы: «Кинематика», «Динамика». Предлагаемые задачи носят комплексный характер, что требует от студентов свободного владения учебным материалом.

Практическая работа содержит четыре задачи.

Порядок выполнения работы:

Пример 3.1 (рис.3.1а)

Для перемещения груза применена барабанная лебедка, привод которой состоит из электродвигателя 1 и редуктора 2 (понижает угловую скорость вала двигателя до требуемой на барабане). Барабан 3 служит для преобразования вращательного движения в поступательное движение груза. Диаметр барабана $d = 0,2$ м, а уравнение его вращения $\varphi = 30t + 6t^2$, где φ - угол поворота, рад и t - время, с. Для момента времени $t_1 = 0,5$ с определить все кинематические характеристики движения барабана, точки на его ободе, а также груза. Направление движения груза – вверх

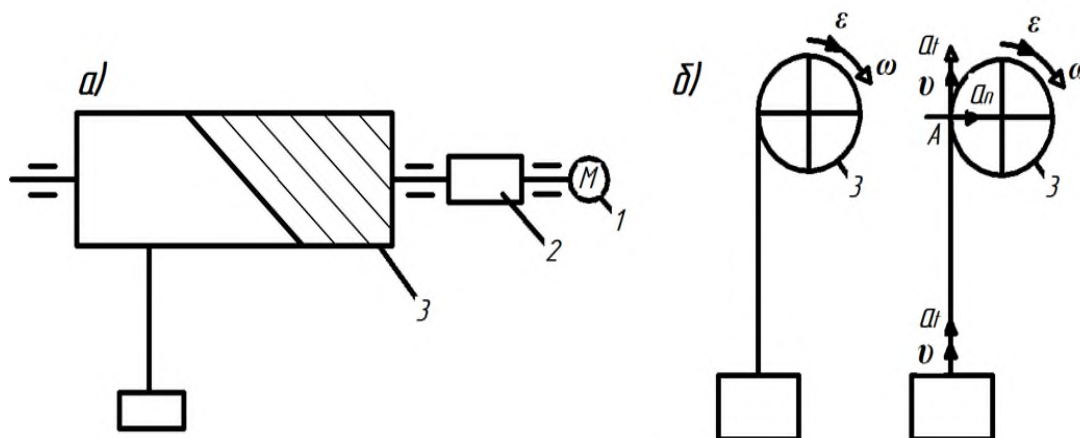


Рисунок 3.1

Решение:

1. Определяем кинематические характеристики движения барабана

Угол поворота барабана за время t_1 - $\varphi' = 30 \cdot 0,5 + 6 \cdot 0,5 = 16,5$ рад.

Угловая скорость барабана $\omega = \varphi' = (30t + 6t^2)' = 30 + 12t = \text{const}$ - движение неравномерное. При $t_1 = 0,5$ с получим $\omega_1 = 30 + 12 \cdot 0,5 = 36$ рад/с

Угловое ускорение барабана $\alpha = \omega' = (30 + 12t)' = 12$ рад/с² = const. Так как ускорение положительно и постоянно, то барабан вращается равноускорено

2. Кинематические характеристики движения любой точки на ободе барабана, например точки А (рис.3.1б), определяются через угловые характеристики движения барабана

Для момента времени t_1 получим: расстояние, пройденное точкой

$$S_1 = \varphi_1 r = 16,5 \cdot 0,1 = 1,65 \text{ м}$$

- скорость точки $v_1 = \omega_1 r = 36 \cdot 0,1 = 3,6 \text{ м/с}$,

- касательное ускорение $a_\tau = \alpha r = 12 \cdot 0,1 = 1,2 \text{ м/с}^2$,

- нормальное ускорение $a_n = \omega_1^2 r = 36^2 \cdot 0,1 = 130 \text{ рад/с}^2$

Эти характеристики можно было определить и иначе

Уравнение движения точки $S = \varphi r = (30t + 6t^2) 0,1 = 3t + 0,6t^2$,

Тогда

$$v = S' = (3t + 0,6t^2)' = 3 + 1,2t = 4,2 \text{ м/с}$$

$$a_t = v' = (3 + 1,2t)' = 1,2 \text{ м/с}^2$$

При $t_1 = 0,5 \text{ с}$ получим:

$$S_1 = 3 \cdot 0,5 + 0,6 \cdot 0,5^2 = 1,65 \text{ м}$$

$$v_1 = 3 + 1,2 \cdot 0,5 = 3,6 \text{ м/с}$$

$$a_{n1} = v_1^2 / r = 3,6^2 / 0,1 = 130 \text{ м/с}^2$$

3. Кинематические характеристики движения груза равны соответствующим характеристикам любой точки тягового троса а значит, и точки А, лежащей на ободе барабана – см. предыдущий пункт расчета (конечно, для прямолинейно движущегося груза $a_n = 0$)

Пример 3.2

Автомобиль, движущийся равномерно и прямолинейно со скоростью 60 км/ч, увеличивает в течение 20 сек скорость до 90 км/ч. Определить, какое ускорение получит автомобиль и какое расстояние он проедет за это время, считая движение равноускоренным

Решение:

1. Здесь также четыре данных величины:

$$v_0 = 60 \text{ км/ч} = \frac{60 \cdot 10^3}{3600} \text{ м/сек} = 16,7 \text{ м/с},$$

$$v_{20} = 90 \text{ км/ч} = 25 \text{ м/с}, t_{0-20} = 20 \text{ с и } S_0 = 0,$$

так как движение автомобиля рассматривается только на том участке траектории (дороги), где он движется с ускорением.

2. Полагая, что в ней $S_0 = 0$, найдем S_{0-20} :

$$S_{0-20} = \frac{v_{20} + v_0}{2} \cdot t_{0-20} = \frac{25 - 16,7}{2} \cdot 20 = 417 \text{ м}$$

3. Из формулы найдем ускорение, полученное автомобилем:

$$a_\tau = \frac{v_{20} - v_0}{t_{0-20}} = \frac{25 - 16,7}{20} = 0,415 \text{ м/с}^2$$

Пример 3.3 (рис 3.2, 3.3)

Определить массу m перемещаемого груза, если для времени t_1 потребляемая электродвигателем мощность $P_{\text{дв}} = 16,1$ кВт, КПД привода $\eta = 0,75$. При расчете принять $g = 10$ м/с².

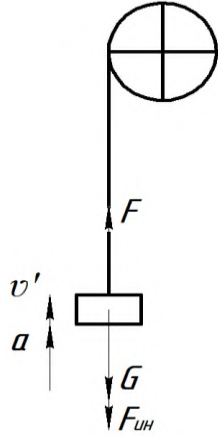


Рисунок 3.2

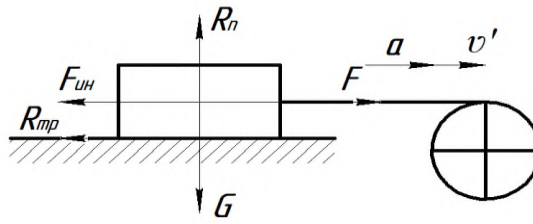


Рисунок 3.3

Решение:

1. Кинематические характеристики движения груза при $t_1 = 0,5$ с

(см. пример 3.1) $v_1 = 3,6$ м/с, $a = a_t = 1,2$ м/с²

2. На груз действует система сил: сила тяги троса F и сила тяжести груза $G = mg$. Заметим, что вектор силы F всегда направлен в сторону барабана, в какую бы сторону (вверх или вниз) не перемещался груз. Как известно, при неравномерном движении тела система действующих на него сил по направлению движения не является уравновешенной. Согласно принципу Даламбера (метод кинетостатики), тело в этом случае можно считать находящимся в условном равновесии, если ко всем действующим на него силам добавить силу инерции тела $F_{\text{ин}} = ma$, вектор которой направлен противоположно вектору ускорения. В нашем случае ускоренного движения вверх вектор силы инерции направлен вниз. Составим уравнение условного равновесия для груза, совместив координатную ось y с направлением движения:

$$\sum F_{yi} = 0; F - G - F_{\text{ин}} = 0$$

$$F = mg - ma = 0$$

$$\text{отсюда } F = m(g + a) = m(10 + 1,2) = 11,2 m$$

3. Мощность на тросе, являющуюся в рассматриваемом механизме полезной, определим по известной формуле:

$$P_{\text{пол}} = F v_1 = 11,2 m \cdot 3,6 = 40,3 m$$

4. Учитывая, что затраченной является мощность двигателя $P_{затр1} = P_{\delta\epsilon1}$, из формулы КПД $\eta = P_{пол1} / P_{затр1}$ получим:

$$P_{пол1} = \eta P_{затр1}$$

$$40,3m = \eta P_{\delta\epsilon1}$$

отсюда масса груза $m = \eta P_{\delta\epsilon1} / 40,3 = 0,75 \cdot 16,1 \cdot 10^3 / 40,3 = 300 \text{ кг}$

$$\text{Здесь } P_{\delta\epsilon1} = 16,1 \text{ кВт}$$

Пример 3.4 (рис 3.2 и 3.3)

По данным примеров 3.1 и 3.2 определить массу m груза для случая его перемещения по горизонтальной опорной плоскости. Принять коэффициент трения скольжения между грузом и плоскостью $f = 0,25$

Решение:

Ход решения этой задачи аналогичен предыдущей, за исключением определения, силы тяги троса F (п.2 расчета)

1. Кинематические характеристики движения груза при $t_1 = 0,5 \text{ с}$,

$$v_1 = 3,6 \text{ м/с}, a = a_1 = 1,2 \text{ м/с}^2$$

2. На груз действует система сходящихся сил: сила тяги троса F , сила тяжести груза $G = mg$, нормальная реакция опорной плоскости R_n и сила трения $R_{тр}$ направленная навстречу движению тела (навстречу вектору скорости). Добавляем к действующей на груз системе сил силу инерции

$F_{ин} = -ma$, направив ее вектор противоположно вектору ускорения - в нашем случае влево. Выбираем направление координатных осей, как показано на рисунке 3.3, и составляем два уравнения условного равновесия для груза

$$\Sigma F_{yi} = 0; R_n - G = 0, \text{ отсюда } R_n = G = mg,$$

$$\Sigma F_{xi} = 0; F - R_{тр} - F_{ин} = 0,$$

$$\text{отсюда } F = R_{тр} + F_{ин} = fR_n + F_{ин} = fmg + ma =$$

$$= m(fg + a) = m(0,25 \cdot 10 + 1,2) = 3,7m.$$

$$3. P_{пол1} = F v_1 = 3,7m \cdot 3,6 = 13,3m$$

$$4. P_{пол1} = \eta P_{затр1}, 13,3m = \eta P_{\delta\epsilon1}$$

отсюда масса груза $m = \eta P_{\delta\epsilon1} / 13,3 = 0,75 \cdot 16,1 \cdot 10^3 / 13,3 = 908 \text{ кг}$.

Приведем основные формулы, необходимые для вычисления работы и мощности. Работа постоянной силы F на прямолинейном пути:

$$A = FS \cos \alpha, [\text{Дж}],$$

где α -угол между направлением силы и перемещением.

Если $\alpha = 90^\circ$, $A = 0$; если $\alpha = 180^\circ$, $A = -FS$ – работа сил трения;

если $\alpha = 0^\circ$, $A = FS$

Работа силы тяжести: $A = Gh = mgh$

Работа постоянной силы при вращательном движении:

$$A = T \cdot \phi, \text{ где } T (M_{\text{вр}}),$$

где $T (M_{\text{вр}})$ - вращающий момент

$$T = M_{\text{вр}} = F_t r = F_t \frac{d}{2}, [H \cdot m]$$

Мощность при поступательном прямолинейном движении:

$$P = Fv, [Bт, кВт]$$

Мощность при вращательном движении:

$$P = T\omega = M_{\text{вр}}\omega$$

Кинетическая энергия при поступательном движении:

$$K = \frac{mv^2}{2}, [Дж]$$

Кинетическая энергия при вращательном движении

$$K = \frac{I\omega^2}{2}$$

Момент инерции вращающегося диска вокруг неподвижной оси:

$$I_{\text{диск}} = mr^2, [кг \cdot м^2]$$

Уравнение вращательного движения твердого тела:

$$T = M_{\text{вр}} = I\alpha, [Нм]$$

Задача 3.1

Вариант 1

1. Плоская деталь, укрепленная на платформе строгального станка, движется к резцу со скоростью 0,3 м/с, а обратно (холостой ход) - со скоростью 0,6 м/с. За сколько времени будет острогана деталь длиной 3 м и шириной 0,5 м, если ширина стружки равна 2 мм?

2. Точка движется по окружности согласно уравнению $S = 12t^3$ (S - в метрах, t - в секундах). Определить касательное ускорение a_t точки при $t = 2$ с.

3. Для подъема 500 м³ воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?

4. Под действием вращающего момента $M = 200$ Нм колесо вращается равноускорено из состояния покоя и за 4 с его скорость достигла 320 об/мин. Определить момент инерции колеса.

Вариант 2

1. Точка движется по дуге АВ согласно уравнению $S = 0,1t^3 + 0,3t$. Определить начальную скорость и полное ускорение через 2 с движения, если радиус дуги 0,45 м

2. Колесо радиусом $r = 3$ м вращается равномерно. Окружная скорость $v = 0,2\pi$ м/с. Сколько оборотов сделает колесо за 60 мин?

3. Тепловоз, идущий со скоростью 72 км/ч, экстренно затормозил, полностью заблокировав свои колёса и колёса состава. Определить тормозной путь тепловоза и силу, с которой при этом действует на тепловоз, ведомый им состав массой 2000 т, если масса тепловоза 100 т. Принять коэффициент трения скольжения равным 0,22.

4. Однородный сплошной диск радиусом $r = 0,6$ м и массой $m = 50$ кг вращается с угловым ускорением $\alpha = 2$ рад/с². Определить вращающий момент.

Вариант 3

1. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя 10 с, достигло скорости

$v = 50$ м/с. Определить путь, пройденный телом за это время.

2. Точка движется по окружности радиуса $r = 2$ м согласно уравнению $s = 2t^2 + 1$ (s - в сантиметрах, t - в секундах). В какой момент времени t нормальное ускорение a_n достигнет значения 18 м/с²?

3. На нити, выдерживающей натяжение 20 Н, поднимают груз весом 10 Н из состояния покоя вертикально вверх. Считая движение равноускоренным, найти предельную высоту, на которую можно поднять груз за 1 с так, чтобы нить не оборвалась

4. Однородный сплошной диск радиусом $r = 0,4$ м вращается с угловым ускорением $\alpha = 0,8$ рад/с². Определить массу диска, если вращающий момент $M = 1,6$ Нм.

Вариант 4

1. Прямолинейное движение точки определяется уравнением $S = 40 + 2t + 0,5t^2$, где s - в метрах, t - в секундах. Определить скорость v , пройденный путь S и ускорение, a через 10 с после начала движения.

2. Точка движется по окружности радиусом r с постоянным касательным ускорением $a_t = 3$ м/с². Определить нормальное ускорение a_n , если $v_0 = 0$, $t = 2$ с, $r = 4$ м.

3. Скорость самолёта при отрыве от взлётной полосы должна быть 360 км/ч. Определить минимальную длину взлётной полосы, необходимую для того, чтобы лётчик при разгоне испытывал перегрузку, не превышающую его утроенный вес. Движение считать равноускоренным.

4. Чему равна работа сил, приложенных к прямолинейно движущемуся телу, если его скорость увеличилась с 15 м/с до 25 м/с. Масса тела 1000 кг.

Вариант 5

1. Автомобиль движется по круглому арочному мосту $r = 50$ м согласно уравнению $S = 10t$. Определить полное ускорение автомобиля через 3 с движения.

2. Колесо радиусом $r = 3$ м вращается равномерно. Окружная скорость $v = 0,2\pi$ м/с. Сколько оборотов сделает колесо за 60 мин?

3. Вертолёт, масса которого с грузом 6 т, за 2,5 мин набрал высоту 2250 м, Определить мощность двигателя вертолёта.

4. Вычислить вращающий момент на валу электродвигателя при заданной мощности 7 кВт и угловой скорости 150 рад/с.

Вариант 6

1. Уравнение прямолинейного движения точки $S = 2t + t^2$, где s - в метрах, t - в секундах. Определить время t , в течение которого скорость тела достигает 10 м/с, пройденный за это время путь S и ускорение a .

2. Точка движется прямолинейно согласно уравнению $S = 0,1t^3 + t^2 + t$ (s - в м, t - в с). Определить ускорение точки в момент $t = 4$ с.

3. Вертолёт, масса которого с грузом 6 т, за 2,5 мин набрал высоту 2250 м, Определить мощность двигателя вертолёта.

4. Автомобиль весит 9000 Н. Найти силу тяги и мощность, развиваемую двигателем автомобиля, если его скорость равна 36 км/ч при движении в гору с уклоном в 12° . Коэффициент трения 0,1.

Вариант 7

1. Тело, двигаясь из состояния покоя равноускоренно, достигло скорости $v = 50$ м/с за 25 с. Определить путь, пройденный телом за это время.

2. Колесо вращается с частотой $n = 250$ об/мин. Определить полное ускорение точек на ободе колеса $r = 0,8$ м.

3. Поезд идёт со скоростью 36 км/ч. Мощность тепловоза 300 кВт, коэффициент трения 0,004. Определить вес всего состава.

4. Определить полезную мощность мотора лебедки при подъеме груза $G = 10$ кН на высоту 10 м за 5 с.

Вариант 8

1. Автомобиль движется по круглому арочному мосту $r = 100$ м согласно уравнению $S = 10t + t^2$. Определить полное ускорение автомобиля через 13 с движения.

2. Точка движется по окружности радиусом $r = 3$ м согласно уравнению $S = 2t^2$ (s - в м, t - в с) В какой момент времени нормальное ускорение $a_n = 5$ м/с²?

3. Сколько времени должна действовать сила $F = 500$ Н, приложенная к покоящемуся телу массой $m = 130$ кг, если она сообщит телу скорость $v = 25$ м/с? Какой путь пройдет тело под действием силы, если оно перемещается по гладкой горизонтальной плоскости?

4. Определить, какую силу надо приложить к телу массой $m = 300$ кг, движущемуся прямолинейно, чтобы на пути $S = 200$ м его скорость уменьшилась

с 20 до 10 м/с. Найти время движения тела до полной остановки, пренебрегая силой трения, если значение действующей силы не изменится.

Вариант 9

1. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя 10 с, достигло скорости $v = 50$ м/с. Определить путь, пройденный телом за это время.

2. Закон вращательного движения колеса $\varphi = 4t - 0,25t^2$. Определить время до полной остановки.

3. Для подъема 500 м^3 воды на высоту 3 м поставлен насос с двигателем мощностью 2 кВт. Сколько времени потребуется для перекачки воды, если КПД насоса равен 0,8?

4. Трогаясь с места, автомобиль через 10 сек развивает скорость 36 км/ч. Определить силу тяги двигателя G . Масса автомобиля 1500 кг. Все четыре колеса автомобиля — ведущие.

Вариант 10

1. Определить число оборотов до полной остановки колеса. Закон вращательного движения колеса $\varphi = 4t - 0,25t^2$.

2. Диск вращается согласно уравнению $\varphi = 0,6t^3$ рад. Определить угловое ускорение диска в момент $t = 1,5$ с.

3. Поезд весом 3000 кН идет со скоростью 36 км/час. Сила сопротивления движению составляет 0,005 веса поезда. Определить полезную мощность тепловоза. Движение прямолинейное по горизонтальному пути.

4. Лебедкой поднимается груз массой 162 кг со скоростью 0,5 м/с. Мощность двигателя лебедки 10 кВт. Определить общий КПД механизма.

Вариант 11

1. Колесо вращается с угловой скоростью 52 рад/с. Радиус колеса 45 мм. Определить полное ускорение точек на ободе колеса.

2. Точка движется по окружности радиусом $r = 0,9$ м согласно уравнению $S = 2t^3$ (s - в м, t - в с). В какой момент времени нормальное ускорение $a_n = 8 \text{ м/с}^2$?

3. Транспортёр поднимает груз массой $m = 200 \text{ кг}$ на автомашину за время $t = 1$ с. Длина ленты транспортёра $l = 3 \text{ м}$, а угол наклона $\alpha = 30^\circ$. Коэффициент полезного действия транспортёра $\eta = 85\%$. Определить мощность, развиваемую его электродвигателем.

4. Однородный сплошной диск радиусом $r = 0,8$ м и массой $m = 100$ кг вращается с угловой скоростью $\omega = 10$ рад/с. Определить кинетическую энергию диска.

Вариант 12

1. Точка движется по окружности, согласно уравнению $S = 2t^3 + 4t^2 + t$. Определить начальную скорость и ускорение на 3-ей секунде движения.

2. Диск вращается согласно уравнению $\varphi = 12\pi t$ рад. Определить частоту n вращения диска.

3. Токарный станок приводится в движение электродвигателем, мощность которого $N = 2,21$ кВт. Считая, что к резцу станка подводится лишь 0,8 мощности двигателя, определить вертикальную составляющую усилия резания, если диаметр обрабатываемой детали $d = 200$ мм, а шпиндель вращается со скоростью $n = 92$ об/мин.

4. Определить потребную мощность мотора лебедки для подъема груза весом 5 кН со скоростью 6,5 м/с. КПД механизма лебедки 0,823.

Вариант 13

1. Поезд, проходя мимо разъезда, затормозил и далее двигался равнозамедленно. Через 4 мин он остановился на станции, находящейся на расстоянии 2 км от разъезда. Определить скорость v_0 в начале торможения и ускорение a .

2. Определить полное ускорение на ободе колеса $r = 0,6$ м, при $t = 3$ с, если $\omega = 11$ рад/с. Движение равномерное.

3. Колесо зубчатой передачи, передающей мощность $P = 12$ кВт, вращается с угловой скоростью $\omega = 20$ рад/с. Определить окружную силу, действующую на зуб колеса, если диаметр колеса $d = 360$ мм.

4. Вычислить вращающий момент на выходном валу электродвигателя. Мощность электродвигателя 2 кВт, частота вращения 750 об/мин.

Вариант 14

1. Тело, имевшее начальную скорость 120 м/с, остановилось, пройдя 1200 м. Определить время до остановки.

2. Автомобиль движется по арочному мосту согласно уравнению $S = 12t$. Определить полное ускорение автомобиля, если радиус моста $r = 100$ м, время движения $t = 15$ с.

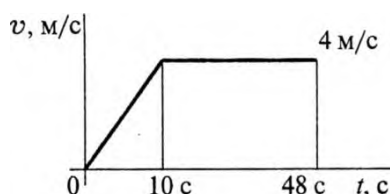
3. Однородное тонкое кольцо радиусом $r = 2$ м, массой $m = 12$ кг вращается с угловым ускорением $\alpha = 5,5$ рад/с². Определить вращающий момент M .

4. Определить мощность на тяговом тросе при перемещении груза массой 10 кг по горизонтальной плоскости со скоростью 2 м/с. Коэффициент трения $f = 0,22$.

Вариант 15

1. Точка движется по окружности согласно уравнению $S = 8t^3$ (s - в метрах, t - в секундах). Определить касательное ускорение a_τ точки при $t = 3$ с.

2. По графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения.



3. Какую работу производит человек, передвигая по горизонтальному полу на расстояние 4 м горизонтально направленным усилием ящик массой 50 кг. Коэффициент трения $f = 0,4$.

4. Какую формулу надо применить при вычислении момента вращения $M_{вр}$, если мощность задана в кВт, а n (об/мин).

Вариант 16

1. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя 20 с, достигло скорости $v = 20$ м/с. Определить путь, пройденный телом за это время.

2. Точка движется по окружности радиусом $r = 200$ см согласно уравнению $S = 2t^3$ (s - в м, t - в с). В какой момент времени нормальное ускорение $a_n = 8$ м/с²?

3. Вычислить потенциальную энергию растянутой пружины, на расстояние 12 см силой 20 кН.

4. Изменится ли вращающий момент на валу, если мощность на валу уменьшить в 2 раза, и угловая скорость вала уменьшится в 2 раза.

Вариант 17

1. Точка движется по дуге АВ согласно уравнению $S = 0,4t^3 + 0,2t$. Определить начальную скорость и полное ускорение через 4 с движения, если радиус дуги 0,5 м.

2. Точка движется по окружности равномерно. За каждые 10 с она проходит 60 м. Определить радиус окружности, если нормальное ускорение точки $a_n = 0,5$ м/с².

3. Силы сопротивления действуют под углом 45° к движущемуся телу весом 50 кН. Какую работу совершают они на расстоянии 6 м?

4. Вычислить изменение кинетической энергии точки массой 20 кг, если ее скорость увеличилась с 10 до 20 м/с.

Вариант 18

1. Тело, двигаясь из состояния покоя равноускоренно, достигло скорости $v = 30$ м/с за 15 с. Определить путь, пройденный телом за это время.

2. Диск вращается согласно уравнению $\varphi = 9\pi t$ рад. Определить частоту вращения диска. Определить, сколько оборотов сделает диск за 45 минут.

3. Вычислить мощность двигателя внутреннего сгорания в лошадиных силах, если он дает 1500 об/мин и передает момент вращения 25 Нм.

4. Как изменится кинетическая энергия прямолинейно движущейся точки, если скорость увеличится в 2 раза?

Вариант 19

1. Тело вращается равноускоренно из состояния покоя и сделало 360 оборотов за 5 минут. Определить угловое ускорение.

2. Тело вращалось с угловой частотой 1200 об/мин. Затем движение стало равнозамедленным, и за 30 секунд скорость упала до 900 об/мин. Определить число оборотов тела за это время и время до полной остановки.

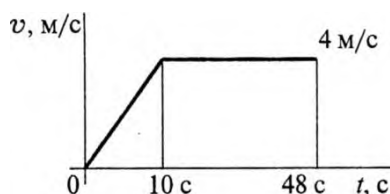
3. Определить силу сопротивления воды корпусу теплохода при движении со скоростью 18 км/час. Мощность двигателя 450 кВт. КПД силовой установки 0,4

4. Чему равна работа силы, приложенной к прямолинейно движущемуся телу массой 100 кг, если скорость тела увеличилась с 5 до 25 м/с?

Вариант 20

1. Точка движется по окружности согласно уравнению $s = 4t^3$ (s - в метрах, t - в секундах). Определить касательное ускорение a_t точки при $t = 4$ с.

2. По графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения.



3. Можно ли поднять груз, сила тяжести которого $G = 2$ кН, с постоянной скоростью $v = 0,5$ м/с, с лебедкой, с электродвигателем мощностью $P = 10$ кВт, если общий КПД лебедки равен 0,8? Вычислить максимальную скорость подъема данного груза.

4. Вычислить мощность двигателя внутреннего сгорания в лошадиных силах, если он дает 1500 об/мин и передает момент вращения 25 Нм.

Вариант 21

1. Определить нормальное ускорение точек на ободе колеса диаметром 0,2 м, если закон движения $\varphi = 0,4t^3$, $t = 3$ с.

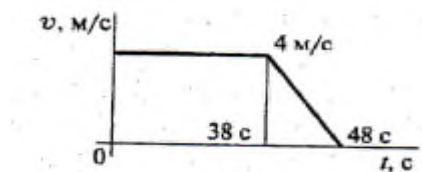
2. Закон вращательного движения колеса $\varphi = 0,3t^3 + 3$. Определить ускорение колеса в момент времени $t = 5$ с.

3. Даны три мощности: $P_1 = 750$ Дж/с, $P_2 = 12$ л.с., $P_3 = 10$ кВт. Какая из них больше?

4. Равномерный подъем груза массой 102 кг на высоту 10 м был произведен лебедкой за 1 мин. Подводимая к лебедкам от двигателя мощность составляет 2,5 л.с. Определить КПД лебедки.

Вариант 22

1. По графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения



2. Тело движется по дуге радиус которого 50 м с постоянной скоростью 18 км/ч. Определить ускорение тела.

3. Каков коэффициент полезного действия, если мощность полезного сопротивления равна 600 Дж/с, а мощность движущихся сил равна 13,6 кВт.

4. Поезд весом 3000 т, проходя по мосту, прогибает его, образуя дугу радиусом 1,5 км. Определить давление поезда на мост в его середине, если скорость поезда равна 54 км/ч.

Вариант 23

1. Точка движется по окружности, согласно уравнению $S = 0,8t^3 + t^2 + t$. Определить начальную скорость и ускорение на 2-ой секунде движения.

2. Диск вращается согласно уравнению $\varphi = 10\pi t$ рад. Определить частоту n вращения диска.

3. Вычислить мощность на валу электродвигателя, если вращающий момент равен 9000 Нм, а угловая скорость равна 149 рад/с.

4. Даны три мощности: $P_1 = 1500$ Дж/с, $P_2 = 103$ л.с., $P_3 = 4$ кВт. Какая из них больше?

Вариант 24

1. Точка движется по дуге АВ согласно уравнению $S = 0,6t^3 + 0,4t$. Определить начальную скорость и полное ускорение через 4 с движения, если радиус дуги 2 м.

2. Точка движется по окружности равномерно. За каждые 15 с она проходит 35 м. Определить радиус окружности, если нормальное ускорение точки $a_n = 0,8$ м/с²

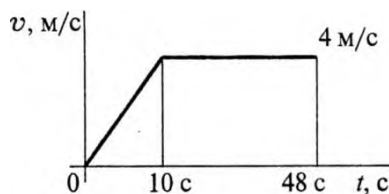
3. Каков коэффициент полезного действия, если мощность полезного сопротивления равна 600 Дж/сек, а мощность движущихся сил равна 13,6 кВт

4. Вычислить работу, которая производится при подъеме груза в 200 Н и по наклонной плоскости на расстояние 8 м, если угол, образуемой плоскости трения равен 45°

Вариант 25

1. Точка движется по окружности $r = 10$ м согласно уравнению $S = 0,6t^2 + 4t$. Определить начальную скорость.

2. По графику скоростей точки определить путь, пройденный за время движения



3. Поезд весом 1000 т, проходя по мосту, прогибает его, образуя дугу радиусом 2 км. Определить давление поезда на мост в его середине, если скорость поезда равна 70 км/ч.

4. Чему равна работа силы, приложенной к прямолинейно движущемуся телу массой 200 кг, если скорость тела увеличилась с 7 до 23 м/с?

Вариант 26

1. Тело, двигаясь равноускоренно из состояния покоя 4 с, достигло скорости $v = 10$ м/с. Определить путь, пройденный телом за это время.

2. Точка движется по окружности равномерно. За каждые 10 с она проходит 60 м. Определить радиус окружности, если нормальное ускорение точки $a_n = 0,5$ м/с².

3. Силы сопротивления действуют под углом 45° к движущемуся телу весом 50 кН. Какую работу совершают они на расстоянии 6 м?

4. Вычислить изменение кинетической энергии точки массой 20 кг, если ее скорость увеличилась с 10 до 20 м/с.

Вариант 27

1. Точка движется из состояния покоя и за время $t = 15$ с, ее скорость увеличивается до $v = 20$ м/с. Определить пройденный точкой путь и ее полное ускорение в конце 15 с, считая движение равноускоренным по дуге окружности радиуса $r = 500$ м.

2. Вал начинает вращаться из состояния покоя с ускорением $\alpha = 4$ рад/с². Через какое время вал сделает 128 оборотов?

3. Поезд, проходя мимо разъезда, затормозил и далее двигался равнозамедленно. Через 4 мин он остановился на станции, находящейся на расстоянии 2 км от разъезда. Определить скорость v_0 в начале торможения и ускорение a .

4. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью 490 м/с. Определить высоту и время подъема.

Практическая работа №4

Решение задач по темам: «Расчет бруса на прочность и жесткость при кручении»

Учебная цель:

- *формировать умение рассчитывать брус (валы передающие мощность) на прочность и жесткость при кручении.*

Для решения практической работы №4 следует приступать после изучения темы: «Кручение». Предлагаемые задачи носят комплексный характер, что требует от студентов свободного владения учебным материалом.

Кручением называют такой вид нагружения бруса, при котором в его поперечных сечениях возникает только один внутренний силовой фактор – крутящий момент $M_{кр}$ (или M_z).

Крутящий момент в произвольном сечении бруса равен алгебраической сумме внешних моментов, действующих на отсеченную часть: $M_{кр} = \sum M_i$ (имеется в виду, что плоскости действия всех внешних скручивающих моментов M_i , перпендикулярны продольной оси бруса).

Будем считать крутящий момент положительным, если он представляется направленным по часовой стрелке. Соответствующий внешний момент направлен против часовой стрелки (рис.4.1).

В задаче необходимо выполнить проектный расчет вала круглого или кольцевого поперечного сечения из условий прочности и из условий жесткости; из двух полученных значений диаметров следует выбрать наибольшее значение.

Порядок выполнения работы:

1. Определить внешние скручивающие моменты по формуле $M = P/\omega$, где P – мощность, ω – угловая скорость.

2. Определить уравнивающий момент, используя уравнение равновесия $\sum M_i = 0$, так как при равномерном вращении вала алгебраическая сумма приложенных к нему внешних скручивающих (вращающих) моментов равна нулю.

3. Пользуясь методом сечений, построить эпюру крутящих моментов по длине вала.

4. Для участка вала, в котором возникает наибольший крутящий момент, определить диаметр вала круглого или кольцевого сечения из условия прочности. Для кольцевого сечения вала принять соотношение диаметров $c = d_0/d$, где d_0 – внутренний диаметр кольца; d – наружный диаметр кольца.

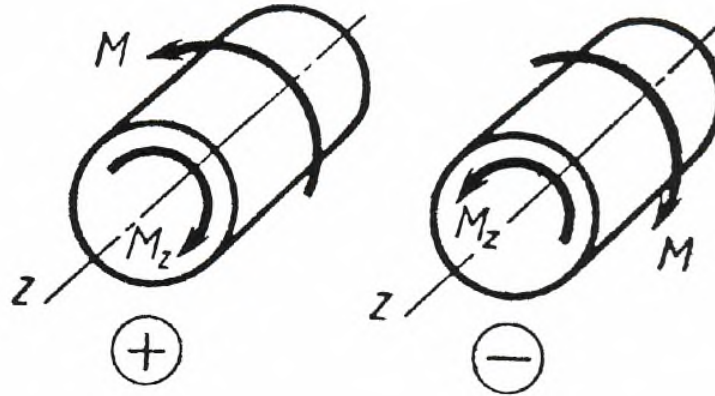


Рисунок 4.1

Из условия прочности:

$$W_p \geq \frac{M_{z \max}}{[\tau_k]}$$

где $M_{z \max}$ – наибольший крутящий момент, Н м; W_p – полярный момент сопротивления, м³, см³, мм³; $[\tau_k]$ – допускаемое касательное напряжение, Па, МПа.

Сечение вала – круг:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16}$$

Необходимый по прочности диаметр вала:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 M_{z \max}}{\pi [\tau_k]}}$$

Сечение вала – кольцо:

$$W_p = \frac{\pi d^3}{16} (1 - c^3)$$

Необходимый по прочности наружный диаметр кольца:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 M_{z \max}}{\pi [\tau_k] (1 - c^3)}}$$

Сравним массы валов круглого и кольцевого сечения:

$$\frac{A_{\text{вала круг}}}{A_{\text{вала кольцо}}}$$

Из условия жёсткости:

$$I_p \geq \frac{M_{z \max}}{G [\varphi_0]}$$

где I_p – полярный момент инерции сечения, м⁴, см⁴, мм⁴; G – модуль сдвига, Па, МПа; $[\varphi_0]$ – допускаемый относительный угол закручивания сечения, рад/м.

Сечение вала – круг:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32}$$

Необходимый по жёсткости диаметр вала:

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 M_{z \max}}{\pi G [\varphi_0]}}$$

Сечение вала – кольцо:

$$I_p = \frac{\pi d^4}{32} (1 - c^4)$$

Необходимый по жёсткости наружный диаметр кольца:

$$d = \sqrt[4]{\frac{32 M_{z \max}}{\pi G [\varphi_0] (1 - c^4)}}$$

Сравним массы валов круглого и кольцевого сечения:

$$\frac{A_{\text{вала круг}}}{A_{\text{вала кольцо}}}$$

Пример 4.1

Для стального вала (рис.4.2, а) постоянного по длине сечения требуется:

1. Определить значение моментов M_2 и M_3 , соответствующие передаваемым мощностям P_2 и P_3 , а также уравновешивающий момент M_1 ;
2. Построить эпюру крутящих моментов;
3. Определить требуемый диаметр вала из расчетов на прочность и жёсткость, полагая по варианту (а) поперечное сечение вала – круг; по варианту (б) – поперечное сечение вала – кольцо, имеющее соотношение диаметров $c = d_0/d = 0,8$.

Принять $[\tau_k] = 30$ МПа; $[\varphi_0] = 0,02$ рад/м = $0,02 \cdot 10^{-3}$ рад/мм; $P_2 = 52$ кВт; $P_3 = 50$ кВт; $\omega = 20$ рад/с; $G = 8 \cdot 10^4$ МПа. Окончательное значение диаметра округлить до ближайшего четного (или оканчивающегося на пять) числа.

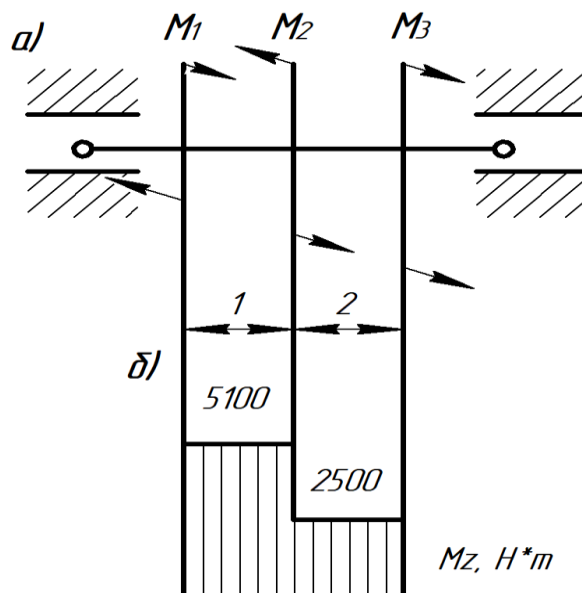


Рисунок 4.2

Решение:

1. Определяем внешние скручивающие моменты:

$$M_2 = \frac{P_2}{\omega} = \frac{52 \cdot 10^3}{20} = 2600 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_3 = \frac{P_3}{\omega} = \frac{50 \cdot 10^3}{20} = 2500 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

2. Определяем уравновешивающий момент M_1 :

$$\sum M_i = 0; M_1 - M_2 - M_3 = 0; M_1 = M_2 + M_3 = 5100 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

3. Определяем крутящий момент по участкам вала:

$$M_{z1} = M_1 = 5100 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{z2} = M_1 - M_2 = 5100 - 2600 = 2500 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Строим эпюру крутящих моментов M (рис.4.2, б).

4. Определяем диаметр вала из условия прочности:

$$M_{z\max} = 5100 \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ (рис.4.2, б)}$$

а) Сечение вала – круг:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_{z\max}}{\pi [\tau_k]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5100 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 30}} = 95,2 \text{ мм}$$

Принимаем $d = 95 \text{ мм}$.

б) Сечение вала – кольцо:

$$d = \sqrt[3]{\frac{16M_{z\max}}{\pi [\tau_k] (1 - c^3)}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 5100 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 30 (1 - 0,8^3)}} = 113 \text{ мм}$$

Принимаем $d = 114 \text{ мм}$.

5. Сравним массы валов круглого и кольцевого сечения

$$A_{\text{вала круг}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 95^2}{4} = 7085 \text{ мм}^2$$

$$A_{\text{вала кольцо}} = \frac{\pi d^2}{4} (1 - c^2) = \frac{3,14 \cdot 114^2}{4} (1 - 0,8^2) = 3673 \text{ мм}^2$$

$$\frac{A_{\text{вала круг}}}{A_{\text{вала кольцо}}} = \frac{7085}{3673} = 1,9 \text{ раза}$$

Вывод: Вал круглого сечения в 1,9 раза тяжелее вала с поперечным сечением – кольцо.

6. Определяем диаметр вала из условия жесткости:

$$M_{z\max} = 5100 \text{ Н} \cdot \text{м} \text{ (рис. 4.2, б)}$$

а) Сечение вала – круг:

$$d = \sqrt[4]{\frac{32M_{z\max}}{\pi G[\varphi_0]}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 5100 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3}}} = 75,5 \text{ мм}$$

Принимаем $d = 76 \text{ мм}$.

б) Сечение вала – кольцо:

$$d = \sqrt[4]{\frac{32M_{z\max}}{\pi G[\varphi_0](1 - c^4)}} = \sqrt[4]{\frac{32 \cdot 5100 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 8 \cdot 10^4 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3} (1 - 0,8^4)}} = 86,5 \text{ мм}$$

Принимаем $d = 86 \text{ мм}$.

7. Сравним массы валов круглого и кольцевого сечения:

$$A_{\text{вала круг}} = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 76^2}{4} = 4534 \text{ мм}^2$$

$$A_{\text{вала кольцо}} = \frac{\pi d^2}{4} (1 - c^2) = \frac{3,14 \cdot 86^2}{4} (1 - 0,8^2) = 2090 \text{ мм}^2$$

$$\frac{A_{\text{вала круг}}}{A_{\text{вала кольцо}}} = \frac{4534}{2090} = 2,2 \text{ раза}$$

Вывод: Вал круглого сечения в 2,2 раза тяжелее вала с поперечным сечением – кольцо.

Задача 4.1 (рис.4.3, табл.4.1)

Для стального вала постоянного поперечного сечения: построить эпюру крутящих моментов, определить требуемый диаметр вала из расчетов на прочность и жёсткость, полагая по варианту (а) поперечное сечение вала – круг; по варианту (б) – поперечное сечение вала – кольцо, имеющее соотношение диаметров $c = d_0/d = 0,7$. Принять: $[\varphi_0] = 0,04$ рад/м, $G = 8 \cdot 10^4$ МПа.

Таблица 4.1 – Исходные данные к задаче 4.1

Вариант №	Схема на рис 4.3	M_1	M_2	M_3
		кН · м	кН · м	кН · м
1	1	0,90	1,50	1,50
2		3,00	1,00	1,90
3	2	4,20	2,00	1,20
4		2,50	1,30	0,80
5	3	0,90	1,50	1,50
6		1,30	1,30	0,70
7	4	1,10	0,70	3,20
8		2,50	1,30	0,80
9	5	4,50	1,40	0,90
10		0,80	1,40	0,70
11	6	1,10	0,70	3,20
12		1,20	0,90	4,90
13	7	4,20	2,00	1,20
14		0,80	1,40	0,70
15	8	1,90	2,00	0,60
16		1,30	1,30	0,70
17	9	4,20	2,00	1,20
18		3,00	1,00	1,90
19	10	4,50	1,40	0,90
20		1,30	1,30	0,70
21	1	0,90	1,50	1,50
22		1,20	0,90	4,90
23	2	4,50	1,40	0,90
24		2,50	1,30	0,80
25	3	1,90	2,00	0,60
26		4,50	1,40	0,90
27	4	3,5	2,8	1,1

Окончательное принимаемое значение диаметра вала должно быть округленно до ближайшего большего четного или оканчивающегося на пять числа.

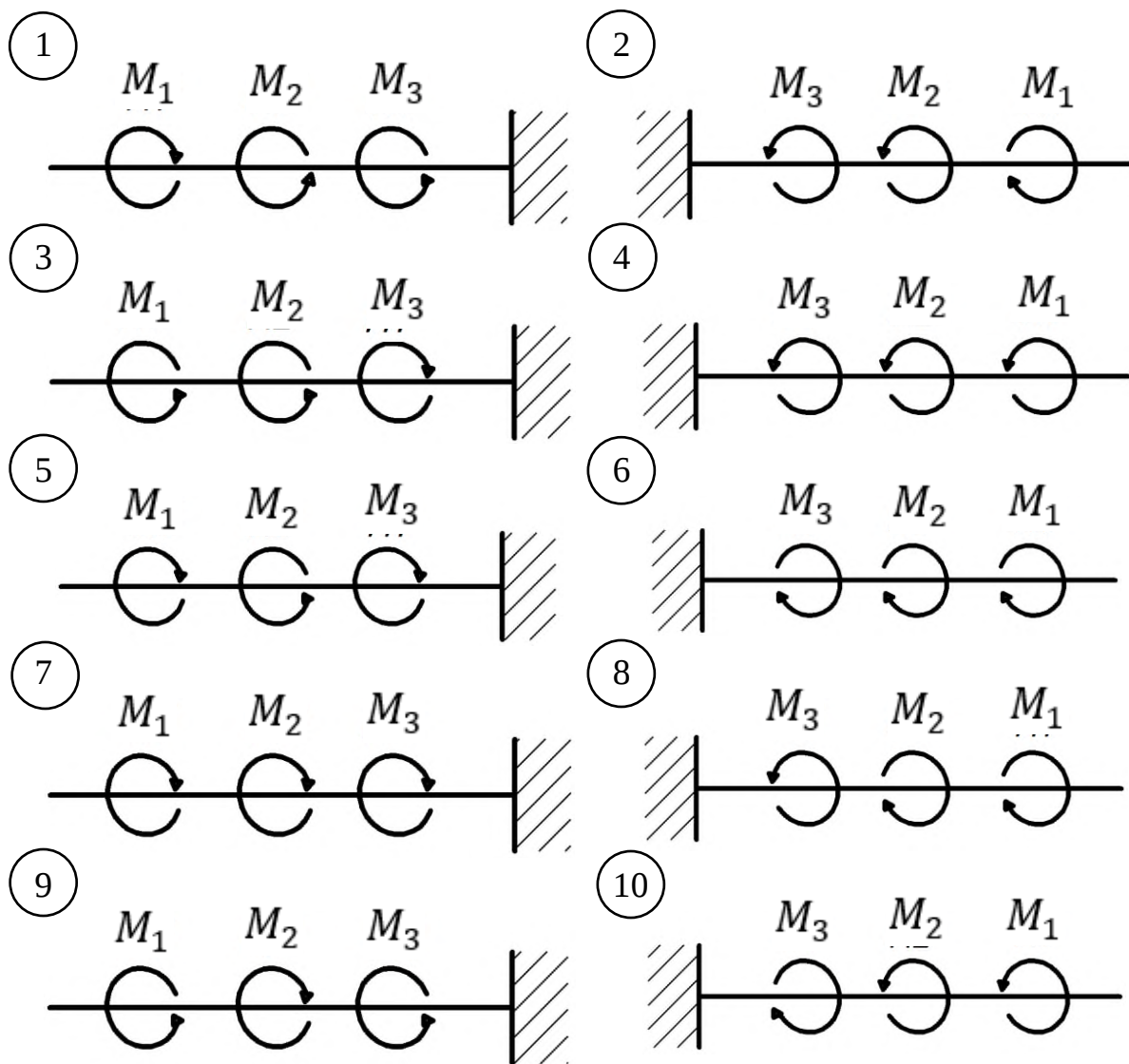


Рисунок 4.3 – Расчетные схемы к задаче 4.1

Практическая работа №5

Решение задач по теме: «Расчет кинематической цепи (привода)»

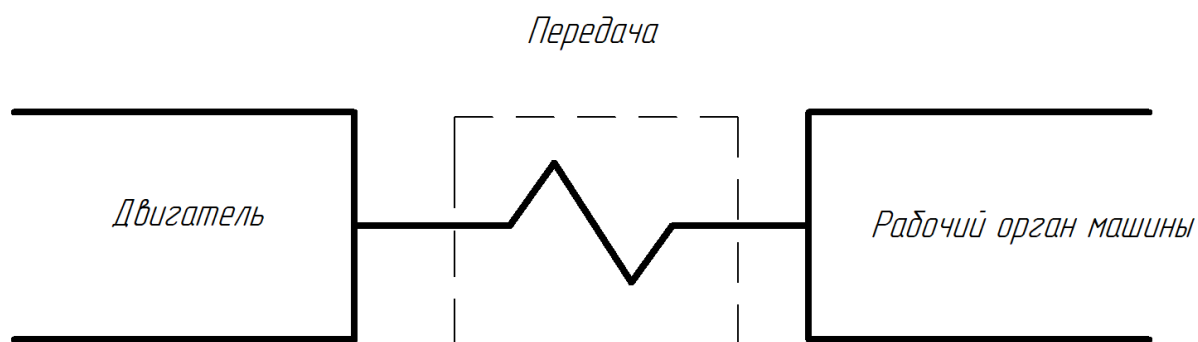
Учебная цель:

- *формировать умение рассчитывать кинематическую цепь (привод).*

К решению практической работы №5 следует приступить после изучения темы «Механические передачи. Силовые и кинематические соотношения в механических передачах».

Большинство современных машин и установок создается по схеме: двигатель — передача — рабочий орган (исполнительный механизм) (рис.5.1). Необходимость введения передачи как промежуточного звена между двигателем и рабочими органами машины связано с решением ряда задач.

Например, в автомобилях и других транспортных машинах требуется изменять величину скорости и направление движения, а на подъемах и при трогании с места необходимо в несколько раз увеличивать вращающий момент на ведущих колесах. Сам автомобильный двигатель не может выполнять эти требования, так как он работает устойчиво только в узком диапазоне изменения величины вращающего момента и угловой скорости. При выходе за пределы этого диапазона двигатель останавливается. Подобно автомобильному двигателю, слабо регулируются многие другие двигатели, в том числе большинство электрических.



В некоторых случаях регулирование двигателя возможно, но нецелесообразно по экономическим соображениям, так как за пределами номинального режима работы КПД двигателей существенно понижается.

Функции, выполняемые передачами:

- выбор и применение оптимальной скорости движения;
- регулирование скорости движения (повышение или понижение);
- преобразование вида движения (вращательного в поступательное, винтового в поступательное и т. д.);
- изменение направления движения (реверсирование);

- изменение крутящих моментов и сил движения;
- передача мощности на расстояние.

Следовательно, под *передачами* понимают механизмы, служащие для передачи механической энергии на расстояние, как правило, с преобразованием скоростей и моментов, иногда с преобразованием видов движения.

Механические передачи равномерного вращения классифицируются по следующим признакам:

По принципу действия:

- 1) фрикционные – действующие за счет сил трения, создаваемых внешними силами между элементами передачи;
- 2) зацеплением – работающие в результате возникновения давления между специальными выступами (зубьями, кулачками или др.) на взаимодействующих деталях. Как фрикционные, так и передачи зацеплением могут быть осуществлены или непосредственным контактом ведущего и ведомого звеньев посредством гибкой связи ремня, цепи.

По характеру изменения скорости:

- 1) понижающие (редукторы);
- 2) повышающие (мультипликаторы).

По взаимному расположению валов. В пространстве передача движения осуществляется между:

- 1) параллельными;
- 2) пересекающимися.

По характеру движения валов:

- 1) простые, у которых валы лишь вращаются вокруг своих осей, а оси валов и сидящих на них взаимодействующих деталей остаются в пространстве неподвижными;
- 2) планетарные, у которых оси и сидящие на них детали (сателлиты) вращаются вокруг некоторой неподвижной основной оси передачи. Оси сателлитов закрепляются в звене передачи, называемом водилом, также вращающемся вокруг основной оси.

По числу ступеней, т. е. отдельных передач, взаимно связанных и одновременно участвующих в передаче и преобразовании движения:

- 1) одноступенчатые,
- 2) многоступенчатые (двух-, трехступенчатые и т. д.).

По конструктивному оформлению:

- 1) открытые, не имеющие общего закрывающего их корпуса, жестко связывающего подшипниковые узлы передачи;

2) полузакрытые, смонтированные подобно открытым из независимых узлов и имеющие лишь легкий кожух, защищающий передачу от загрязнения, но не выполняющий силовых функций;

3) закрытые, заключенные в общий прочный жесткий корпус, обеспечивающий герметизацию и постоянную смазку передач. Ответственные быстроходные передачи выполняются, как правило, закрытыми. Механические передачи обладают целым рядом достоинств, обеспечивающих их широкое использование в современном машиностроении и приборостроении. Они компактны, удобны для встраивания в общую конструкцию машины, отличаются высокой надежностью в эксплуатации, позволяют относительно просто осуществлять необходимые преобразования движения и практически почти любые передаточные отношения, при надлежащем качестве изготовления обладают высоким КПД.

В каждой передаче различают два основных звена (вала): входной (ведущий) и выходной (ведомый). Между этими валами в многоступенчатых передачах располагаются промежуточные валы. Параметры передачи, относящиеся к ведущим звеньям, будем отмечать индексом 1, а к ведомым индексом 2, т.е. $d_1, v_1, \omega_1, n_1, P_1, M_1$ — диаметр, окружная скорость, угловая скорость (в рад/с и в об/мин); мощность, вращающий момент на ведущем валу; $d_2, v_2, \omega_2, n_2, P_2, M_2$ — то же на ведомом.

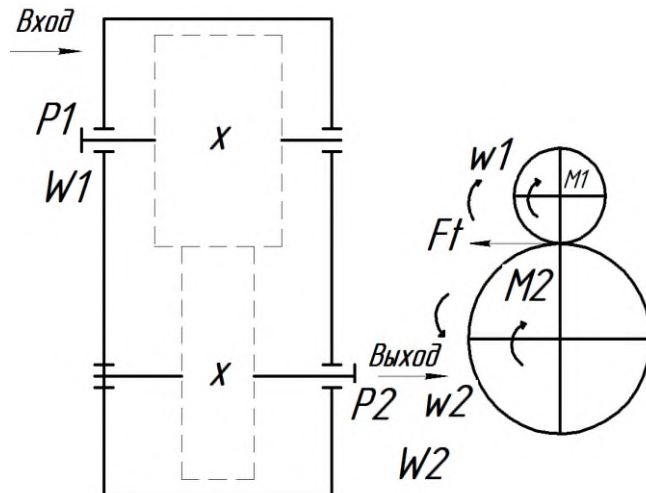


Рисунок 5.2

Особенности каждой передачи и ее применения определяются следующими основными характеристиками (рис.5.2):

- мощностью P_1 на входе и P_2 на выходе, кВт;

- *быстроходностью*, которая выражается частотой вращения n_1 ведущего и n_2 ведомого валов, об/мин, или угловой скоростью, соответственно ω_1 и ω_2 рад/с.
 $1 \text{ рад/с} = \pi n / 30$

Это — две основные характеристики, необходимые для выполнения проектного расчета любой передачи.

Кроме основных, различают следующие производные характеристики, которыми часто пользуются при расчетах.

Коэффициент полезного действия (КПД).

$$\eta = P_2 / P_1$$

Для многоступенчатой передачи, состоящей из нескольких отдельных последовательно соединенных передач (в качестве примера рис.5.3).

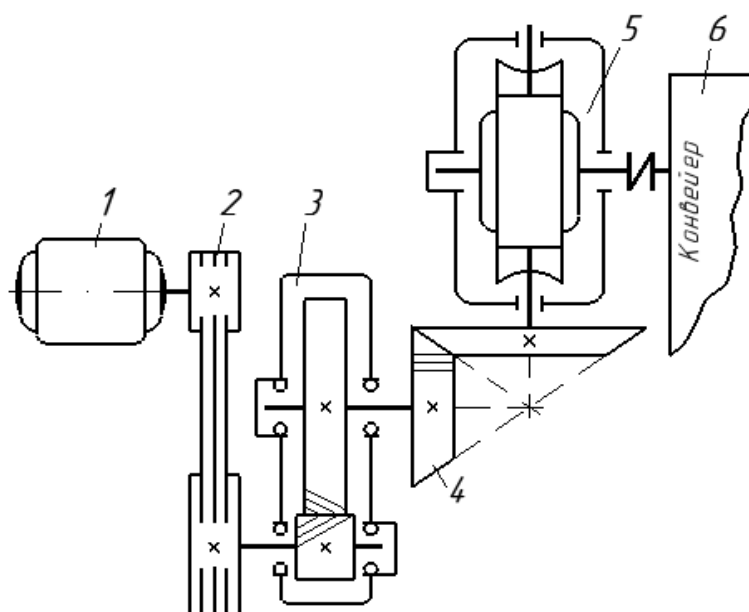


Рисунок 5.3

Изображена кинематическая схема привода от электродвигателя к исполнительному механизму (конвейер) 6, состоящая из клиноременной передачи 2, косозубая цилиндрического редуктора 3, открытой конической пары 4 и червячного редуктора 5, общий КПД определяется по формуле:

$$\eta_{\text{общ.}} = \eta_1 \eta_2 \dots \eta_n,$$

где η_1, η_2, η_n — КПД каждой кинематической пары (зубчатой, червячной, ременной и других передач, подшипников, муфт, т. е. звеньев, где имеются потери мощности).

Окружная скорость v ведущего или ведомого звена в м/с:

$$v = \omega D / 2, \text{ или } v = \pi D n / 60,$$

где D — диаметр катка, шкива, колеса и др., в м.

Окружная сила передачи F_t (см. рис. 5.2) в Н:

$$F_t = P/v = 2M_1/D_1,$$

где P — мощность в Вт.

Вращающий момент M в Нм: $M = F_t D/2 = P/\omega$,

где P — в Вт; D — в м.

Вращающий момент ведущего вала M_1 является моментом движущих сил, его направление совпадает с направлением вращения вала (см. рис. 5.2). Момент ведомого вала M_2 — момент сил сопротивления, поэтому его направление противоположно направлению вращения вала.

Передачное число — отношение угловых скоростей валов, определяемое в направлении потока мощности:

$$u = \omega_1/\omega_2$$

Если передача многоступенчатая (см. рис. 3), то ее общее *передаточное отношение равно произведению* передаточных отношений ступеней.

Учитывая, что в большинстве случаев $v_1 = v_2$, или $\omega_1 D_1/2 = \omega_2 D_2/2$, имеем:

$$\omega_1/\omega_2 = D_2/D_1 = u$$

Передачное отношение можно определить и по вращающим моментам на ведущем и ведомом валах:

$$M_1 = P_1/\omega_1 \quad \text{и} \quad M_2 = P_2/\omega_2 \quad \text{или} \quad M_2/M_1 = P_2/\omega_2 / (P_1/\omega_1) = \eta u$$

Следовательно: $u = M_2/(\eta M_1)$

Перепишем еще раз формулы для передаточного отношения:

$$u = n_1/n_2 = \omega_1/\omega_2 = D_2/D_1 = M_1/(M_2 \eta)$$

При $u > 1$, $n_1 > n_2$, следовательно, передача является понижающей, или редуктором, а при $u < 1$, $n_1 < n_2$ передача является повышающей, или мультипликатором. Наиболее распространенные — это понижающие передачи, так как частота вращения исполнительного механизма в большинстве случаев меньше частоты вращения вала двигателя.

Порядок выполнения работы:

Пример 5.1 (рис. 5.4)

Привод состоит из электродвигателя мощностью $P_{дв} = 17$ кВт, с угловой скоростью вала $\omega_{дв} = 144$ рад/с, и многоступенчатой передачи. Требуется определить:

- а) общий КПД и общее передаточное отношение передачи;
- б) угловые скорости, вращающие моменты и мощности для всех валов.

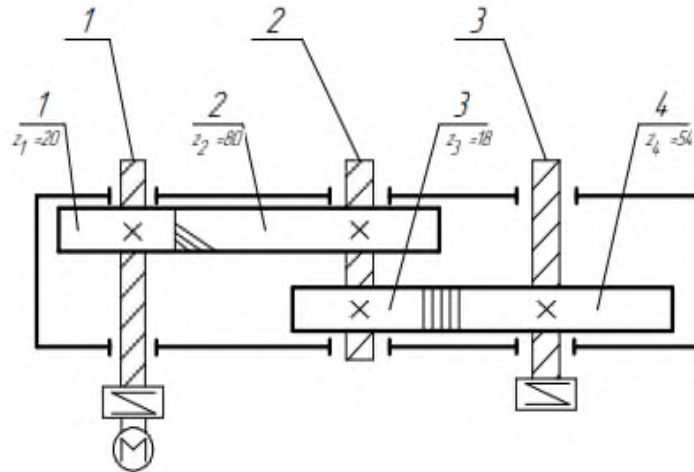


Рисунок 5.4

Решение:

1. Кинематическая и конструктивная характеристика привода: привод состоит из эл. двигателя двухступенчатой (1-2-первая ступень, 2-3 - вторая ступень), закрытой, понижающей, цилиндрической передачи, т.е. угловая скорость понижается. Для подсоединения к входному и выходному валам зубчатой передачи предусмотрены упругие муфты.

2. КПД отдельных передач:

$$\eta_{\text{ум}} = 0,97; \eta_{\text{цзкп}} = 0,97; \eta_{\text{цзпп}} = 0,97;$$

$$\eta_{\text{общий}} = \eta_{\text{ум}}^2 \cdot \eta_{\text{цзкп}} \cdot \eta_{\text{цзпп}} = 0,97^2 \cdot 0,97 \cdot 0,97 = 0,89$$

3. Мощности на валах:

$$P_1 = P_{\text{дв}} = 17 \text{ кВт};$$

$$P_2 = P_1 \cdot \eta_{\text{ум}} = 17 \cdot 0,97 = 16,5 \text{ кВт};$$

$$P_3 = P_2 \cdot \eta_{\text{цзкп}} = 16,5 \cdot 0,97 = 16 \text{ кВт};$$

$$P_4 = P_3 \cdot \eta_{\text{цзпп}} = 16 \cdot 0,97 = 15,52 \text{ кВт};$$

$$P_5 = P_4 \cdot \eta_{\text{ум}} = 15,52 \cdot 0,97 = 15,05 \text{ кВт}$$

$$\text{Проверка: } \eta_{\text{общий}} = P_5 / P_1 = 0,89 - \text{верно.}$$

4. Передаточные числа отдельных передач:

$$u_{1-2} = z_2/z_1 = 80/20 = 4;$$

$$u_{2-3} = z_4/z_3 = 54/18 = 3$$

Передаточные отношения равны передаточным числам. Общее передаточное число:

$$u = u_{1-2} \cdot u_{2-3} = 4 \cdot 3 = 12$$

5. Угловые скорости валов:

$$\omega_1 = \omega_{\text{дв}} = 144 \text{ рад/с};$$

$$u_{1-2} = \omega_1 / \omega_2, \text{ отсюда } \omega_2 = \omega_1 / u_{1-2} = 144/4 = 36 \text{ рад/с};$$

$u_{2-3} = \omega_2 / \omega_3$, отсюда $\omega_3 = \omega_2 / u_{2-3} = 36/3 = 12$ рад/с.

6. Вращающие моменты на валах:

$$M_1 = P_1 / \omega_1 = 17 \cdot 10^3 / 144 = 118 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = P_2 / \omega_1 = 16,5 \cdot 10^3 / 144 = 114 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = P_3 / \omega_2 = 16 \cdot 10^3 / 36 = 444 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = P_4 / \omega_3 = 15,52 \cdot 10^3 / 12 = 1293 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_5 = P_5 / \omega_3 = 15,05 \cdot 10^3 / 12 = 1254 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

Здесь мощность взята в ваттах, например $P_1 = 17 \text{ кВт} = 17 \cdot 10^3 \text{ Вт}$.

В понижающих передачах понижение угловых скоростей валов сопровождается повышением вращающих моментов. Мощности на валах снижаются незначительно, вследствие потерь на трение в подшипниках и при взаимодействии звеньев.

Задача 5.1 (рис.5.5, табл.5.1).

Привод состоит из электродвигателя мощностью $P_{\text{дв}}$, кВт, с частотой вращения $n_{\text{дв}}$, об/мин и двух одноступенчатых передач, включающих редуктор с передаточным числом u_p и открытую передачу. Требуется определить:

- а) общий КПД и передаточное число привода;
- б) передаточное число открытой передачи;
- в) вращающие моменты, угловые скорости, мощности для всех валов.

Кроме того, следует дать характеристику привода и его отдельных передач. При расчете принять следующие значения КПД передач (с учетом потерь в подшипниках):

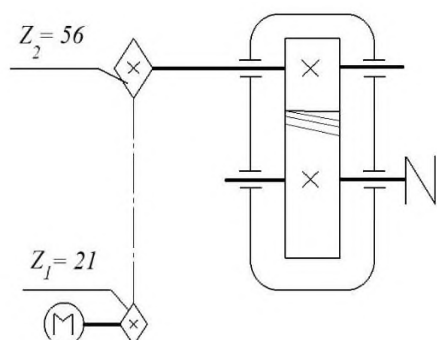
- а) червячных 0,72 (задача 8), 0,77 (задача 9), 0,87 (задача 10);
 - б) зубчатых, цепных и ременных – см. Эрдеди А. А. «Детали машин»
- Упругим скольжением в ременных передачах пренебречь.

Таблица 5.1 - Исходные данные к задаче 5.1

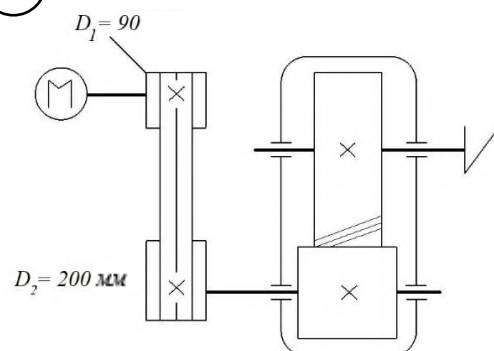
Вариант №	Схема на рис. 5.5	$P_{\text{дв}}$, кВт	$n_{\text{дв}}$, об/мин	u_p
1	1	3,5	955	2,5
2	2	2,2	970	4
3	3	4,6	980	2,5
4	4	2,5	720	2,5
5	6	3,0	955	2
6	5	1,2	1440	12,5
7	7	1,8	1440	16
8	8	2,4	1500	20
9	9	2,3	750	3,15
10	10	3,4	970	4
11	8	1,7	1000	12
12	7	1,6	1440	20
13	5	2,6	1000	25
14	10	1,4	720	1,6
15	1	2,5	710	4
16	2	0,8	935	1,25
17	3	2,4	970	1,6
18	9	2,6	989	3,15
19	4	1,7	980	4
20	6	3,2	970	2,5
21	1	1,6	980	1,25

22	2	1,1	970	2
23	3	1,9	1440	1,6
24	4	1,4	955	3,15
25	6	5,5	720	4
26	9	1,2	720	2,5
27	10	3,8	720	2

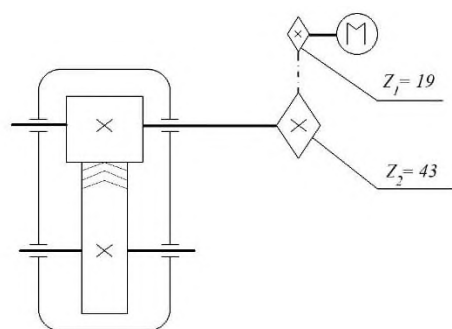
1



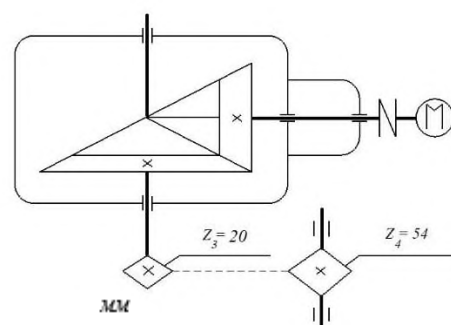
2



3



4



6

5

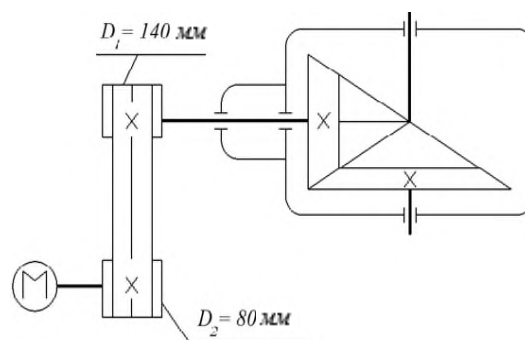
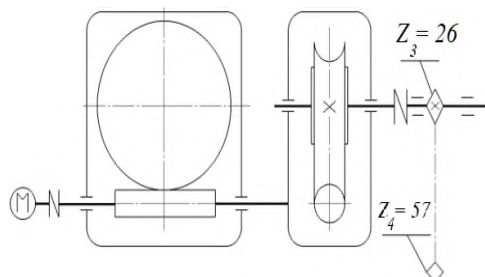
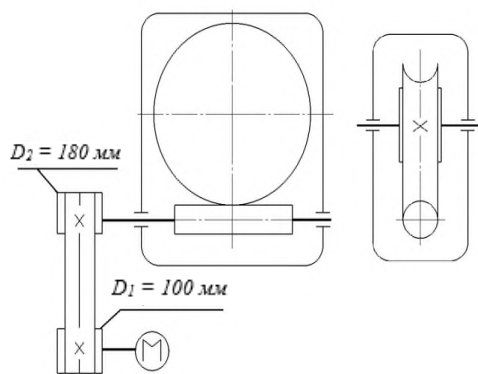
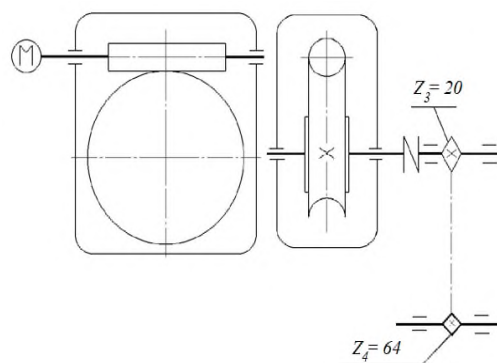


Рисунок 5.5 – Расчетные схемы к задаче 5.1

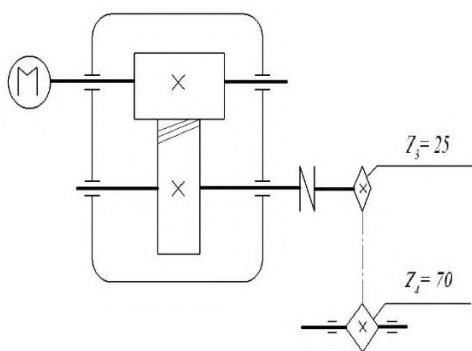
7



8



9



10

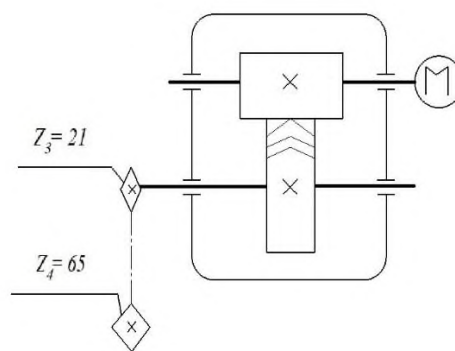


Рисунок 5.5 – Расчетные схемы к задаче 5.1

Список использованных источников:

Основная литература

Печатные издания

1. Олофинская В.П. Техническая механика: курс лекций с вариантами практических и тестовых заданий: учеб. пособие. Москва: Неолит, 2019. 352 с.
2. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Техническая механика: учебник для СПО. Москва: Академия, 2021. 528 с.

Электронные издания

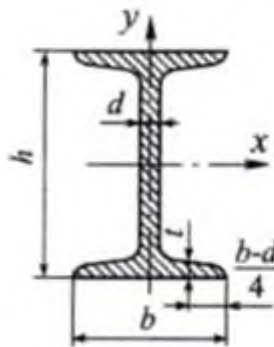
1. Олофинская В. П. Техническая механика. Сборник тестовых заданий : учеб. пособие. Москва: ФОРУМ : ИНФРА-М, 2020. 132 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1078979> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
2. Сербин Е.П. Техническая механика: учебник. Москва: КноРус, 2020. 399 с. URL: <https://book.ru/book/936144> (договор на предоставление доступа к ЭБС).

Дополнительные источники

1. Борисенко Л.А. Теория механизмов, машин и манипуляторов: учеб.пособие. Москва: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов.знание, 2018. 285 с. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=369987> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
2. Жуков В. А. Детали машин и основы конструирования: основы расчета и проектирования соединений и передач : учеб. пособие. Москва : ИНФРА-М, 2020. 416 с. URL: <https://znanium.com/catalog/product/1043114> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
3. Куклин Н.Г. Детали машин: учебник для СПО/ Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К Житков. Москва: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2019. 512с. <https://znanium.com/catalog/document?id=337446> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
4. Профессионально-справочная система «Техэксперт». Режим доступа: в локальной сети Техникума.
5. Сафонова Г.Г., Артюховская Т.Ю., Ермаков Д.А. Техническая механика: учебник. Москва: НИЦ ИНФРА-М, 2020. 320с. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=352057> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
6. Сетков В.И. Сборник задач по технической механике: учеб.пособие для СПО. Москва: Академия, 2003. 224 с.
7. Справочно-правовая система «Гарант». Режим доступа: в локальной сети Техникума.

8. Теоретическая механика. Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения / сост. И. Каримов URL:<http://www.teoretmeh.ru> / (дата обращения: 18.05.2022).
9. Техническая механика: сайт. URL: <https://isopromat.ru/teormeh> (дата обращения: 18.05.2022).
10. Хруничева Т.В. Детали машин: типовые расчеты на прочность: учеб.пособие СПО. Москва: ИНФРА-М, 2020. 224 с. URL: <https://znanium.com/catalog/document?id=350669> (договор на предоставление доступа к ЭБС).
11. Электронная библиотечная система ТИУ. URL: <http://elib.tyuiu.ru/> Режим доступа: Электронная библиотека ТИУ, в локальной сети Техникума.
12. Электронно-библиотечная система Znanium.com: портал. URL: <https://znanium.com/>(договор на предоставление доступа к ЭБС).
13. Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Детали машин: учебник для СПО. Москва: Академия, 2012. 288 с.
- Эрдеди А.А., Эрдеди Н.А. Теоретическая механика. Сопротивление материалов: учебник для СПО. Москва: Академия, 2012. 320 с.

СОРТАМЕНТ ПРОКАТНОЙ СТАЛИ

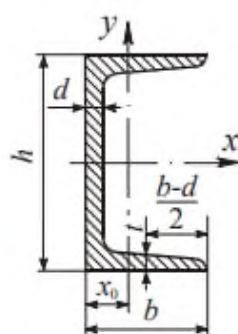


Двутавры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8239-89)

A — площадь поперечного сечения;
 I — момент инерции;
 i — радиус инерции;
 m — масса одного погонного метра.

W — момент сопротивления;
 S — статический момент полусечения;

№	h , мм	b , мм	d , мм	t , мм	A , см ²	m , кг	$I_{x,x}$, см ⁴	$W_{x,x}$, см ³	$i_{x,x}$, см	$S_{x,x}$, см ³	$I_{y,y}$, см ⁴	$W_{y,y}$, см ³	$i_{y,y}$, см
10	100	55	4,5	7,2	12,0	9,46	198	39,7	4,06	23,0	17,9	6,49	1,22
12	120	64	4,8	7,3	14,7	11,50	350	58,4	4,88	33,7	27,9	8,72	1,38
14	140	73	4,9	7,5	17,4	13,70	572	81,7	5,73	46,8	41,9	11,50	1,55
16	160	81	5,0	7,8	20,2	15,90	873	109,0	6,57	62,3	58,6	14,50	1,70
18	180	90	5,1	8,1	23,4	18,40	1290	143,0	7,42	81,4	82,6	18,40	1,88
18a	180	100	5,1	8,3	25,4	19,90	1430	159,0	7,51	89,8	114,0	22,80	2,12
20	200	100	5,2	8,4	26,8	21,00	1840	184,0	8,28	104,0	115,0	23,10	2,07
20a	200	110	5,2	8,6	28,9	22,70	2030	203,0	8,37	114,0	155,0	28,20	2,32
22	220	110	5,4	8,7	30,6	24,00	2550	232,0	9,13	131,0	157,0	28,60	2,27
22a	220	120	5,4	8,9	32,8	25,80	2790	254,0	9,22	143,0	206,0	34,30	2,50
24	240	115	5,6	9,5	34,8	27,30	3460	289,0	9,97	163,0	198,0	34,50	2,37
24a	240	125	5,6	9,8	37,5	29,40	3800	317,0	10,10	178,0	260,0	41,60	2,63
27	270	125	6,0	9,8	40,2	31,50	5010	371,0	11,20	210,0	260,0	41,50	2,54
27a	270	135	6,0	10,2	43,2	33,90	5500	407,0	11,30	229,0	337,0	50,00	2,80
30	300	135	6,5	10,2	46,5	36,50	7080	472,0	12,30	268,0	337,0	49,90	2,69
30a	300	145	6,5	10,7	49,5	39,20	7780	518,0	12,50	292,0	436,0	60,10	2,95
33	330	140	7,0	11,2	53,8	42,20	9840	597,0	13,50	339,0	419,0	59,90	2,79
36	360	145	7,5	12,3	61,9	48,60	13380	743,0	14,70	423,0	516,0	71,10	2,89
40	400	155	8,3	13,0	72,6	57,00	19062	953,0	16,20	545,0	667,0	86,10	3,03
45	450	160	9,0	14,2	84,7	66,50	27696	1231,0	18,10	708,0	808,0	101,00	3,09
50	500	170	10,0	15,2	100,0	78,50	39727	1589,0	19,90	919,0	1043,0	123,00	3,23
55	550	180	11,0	16,5	118,0	92,60	55962	2035,0	21,80	1181,0	1356,0	151,00	3,39
60	600	190	12,0	17,8	138,0	108,0	76806	2560,0	23,60	1491,0	1725,0	182,00	3,54

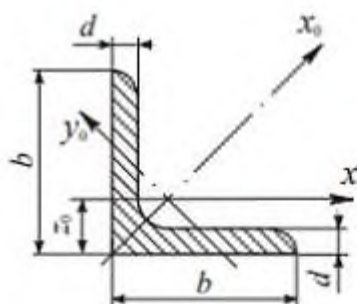


Швеллеры стальные горячекатаные (по ГОСТ 8240-89)

A – площадь поперечного сечения;
 I – момент инерции;
 i – радиус инерции;

W – момент сопротивления;
 S – статический момент полусечения;
 t – масса одного погонного метра.

№	h , мм	b , мм	d , мм	t , мм	A , см ²	m , кг	I_x , см ⁴	W_x , см ³	i_x , см	S_x , см ³	I_y , см ⁴	W_y , см ³	i_y , см	z_0 , см
5	50	32	4,4	7,0	6,16	4,84	22,8	9,10	1,92	5,59	5,61	2,75	0,945	1,16
6,5	65	36	4,4	7,2	7,51	5,90	48,6	15,0	2,54	9,00	8,70	3,68	1,08	1,24
8	80	40	4,5	7,4	8,98	7,05	89,4	22,4	3,16	13,3	12,8	4,75	1,19	1,31
10	100	46	4,5	7,6	10,9	8,59	174	34,8	3,99	20,4	20,4	6,46	1,37	1,44
12	120	52	4,8	7,8	13,3	10,4	304	50,6	4,78	29,6	31,2	8,52	1,53	1,54
14	140	58	4,9	8,1	15,6	12,3	491	70,2	5,60	40,8	45,4	11,0	1,70	1,67
14a	140	62	4,9	8,7	17,0	13,3	545	77,8	5,66	45,1	57,5	13,3	1,84	1,87
16	160	64	5,0	8,4	18,1	14,2	747	93,4	6,42	54,1	63,3	13,8	1,87	1,80
16a	160	68	5,0	9,0	19,5	15,3	823	103	6,49	59,4	78,8	16,4	2,01	2,00
18	180	70	5,1	8,7	20,7	16,3	1090	121	7,24	69,8	86,0	17,0	2,04	1,94
18a	180	74	5,1	9,3	22,3	17,4	1190	132	7,32	76,1	105	20,0	2,18	2,13
20	200	76	5,2	9,0	23,4	18,4	1520	152	8,07	87,8	113	20,5	2,20	2,07
20a	200	80	5,2	9,7	25,2	19,8	1670	167	8,15	95,9	139	21,2	2,35	2,28
22	220	82	5,4	9,5	26,7	21,0	2110	192	8,89	110	151	25,1	2,37	2,21
22a	220	87	5,4	10,2	28,8	22,6	2330	212	8,90	121	187	30,0	2,55	2,46
24	240	90	5,6	10,0	30,6	24,0	2900	242	9,73	139	208	31,6	2,60	2,42
24a	240	95	5,6	10,7	32,9	25,8	3180	265	9,84	151	245	37,2	2,78	2,67
27	270	95	6,0	10,5	35,2	27,7	4160	308	10,9	178	262	37,3	2,73	2,47
30	300	100	6,5	11,0	40,5	31,8	5810	387	12,0	224	327	43,6	2,84	2,52
33	330	105	7,0	11,7	46,5	36,5	7980	484	13,1	281	410	51,8	2,97	2,59
36	360	110	7,5	12,6	53,4	41,9	10200	601	14,2	350	513	61,7	3,10	2,68
40	400	115	8,0	13,5	61,5	48,3	15220	761	15,7	444	642	73,4	3,23	2,75



Уголки стальные горячекатаные равнополочные (по ГОСТ 8509-86)

A – площадь поперечного сечения;

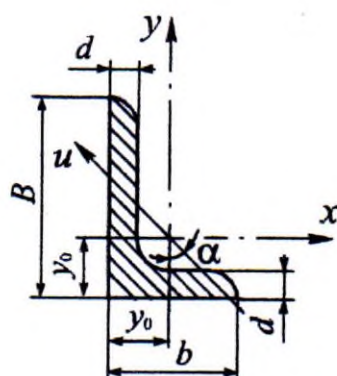
I – момент инерции; i – радиус инерции;

m – масса одного погонного метра.

№	b , мм	d , мм	A , см ²	m , кг	I_x , см ⁴	i_x , см	$I_{x0\max}$, см ⁴	$i_{x0\min}$, см ⁴	$I_{y0\min}$, см ⁴	$i_{y0\min}$, см ⁴	z_0 , см
4	40	3	2,35	1,85	3,55	1,23	5,63	1,55	1,47	0,79	1,09
		4	3,08	2,42	4,58	1,22	7,26	1,53	1,90	0,78	1,13
		5	3,79	2,97	5,53	1,20	8,75	1,54	2,30	0,79	1,17
4,5	45	3	2,65	2,08	5,13	1,39	8,13	1,75	2,12	0,89	1,21
		4	3,48	2,73	6,63	1,38	10,5	1,74	2,74	0,89	1,26
		5	4,29	3,37	8,03	1,37	12,7	1,72	3,33	0,88	1,30
5	50	3	2,96	2,32	7,11	1,55	11,3	1,95	2,95	1,00	1,33
		4	3,89	3,05	9,21	1,54	14,6	1,94	3,80	0,99	1,38
		5	4,80	3,77	11,2	1,53	17,8	1,92	4,63	0,98	1,42
5,6	56	4	4,38	3,44	13,1	1,73	20,8	2,18	5,41	1,11	1,52
		5	5,41	4,25	16,0	1,72	25,4	2,16	6,59	1,10	1,57
6,3	63	4	4,96	3,90	18,9	1,95	29,9	2,45	7,81	1,25	1,69
		5	6,13	4,81	23,1	1,94	36,6	2,44	9,52	1,25	1,74
		6	7,28	5,72	27,1	1,93	42,9	2,43	11,2	1,24	1,78
7	70	4,5	6,20	4,87	29,0	2,16	46,0	2,72	12,0	1,39	1,88
		5	6,86	5,38	31,9	2,16	50,7	2,72	13,2	1,39	1,90
		6	8,15	6,39	37,6	2,15	59,6	2,71	15,5	1,38	1,94
		7	9,42	7,93	43,0	2,14	68,2	2,69	17,8	1,37	1,99
		8	10,7	8,37	48,2	2,13	76,4	2,68	20,0	1,49	2,02
7,5	75	5	7,39	5,80	39,5	2,31	62,6	2,91	16,4	1,49	2,02
		6	8,78	6,89	46,6	2,30	73,9	2,90	19,3	1,48	2,06
		7	10,1	7,96	53,3	2,29	84,6	2,89	22,1	1,48	2,10
		8	11,5	9,02	59,8	2,28	94,9	2,87	24,8	1,47	2,15
		9	12,8	10,1	66,1	2,27	105	2,86	27,5	1,46	2,18
8	80	5,5	8,63	6,78	52,7	2,47	83,6	3,11	21,8	1,59	2,17
		6	9,38	7,36	57,0	2,47	90,4	3,11	23,5	1,58	2,19
		7	10,8	8,51	65,3	2,45	104	3,09	27,0	1,58	2,23
		8	12,3	9,65	73,4	2,44	116	3,08	30,3	1,57	2,27
9	90	6	10,6	8,33	82,1	2,78	130	3,50	34,0	1,79	2,43
		7	12,3	9,64	94,3	2,77	150	3,49	38,9	1,78	2,47
		8	13,9	10,9	106	2,76	168	3,48	43,8	1,77	2,51
		9	15,6	12,2	118	2,75	186	3,46	48,6	1,77	2,55

Продолжение таблицы

№	b, мм	d, мм	A, см ²	m, кг	I _x , см ⁴	i _x , см	I _{x0 max} , см ⁴	i _{x0 min} , см ⁴	I _{y0 min} , см ⁴	i _{y0 min} , см ⁴	z ₀ , см
10	100	6,5	12,8	10,1	122	3,09	193	3,88	50,7	1,99	2,68
		7	13,8	10,8	131	3,08	207	3,88	54,3	1,98	2,71
		8	15,6	12,2	147	3,07	233	3,87	60,9	1,98	2,75
		10	19,2	15,1	179	3,05	284	3,84	74,1	1,96	2,83
		12	22,8	17,9	209	3,03	331	3,81	86,9	1,95	2,91
		14	26,3	20,6	237	3,00	375	3,78	99,3	1,94	2,99
		16	29,7	23,3	264	2,98	416	3,74	112	1,94	3,06
11	110	7	15,2	11,9	176	3,40	279	4,29	72,7	2,19	2,96
		8	17,2	13,5	198	3,39	315	4,28	81,8	2,18	3,00
12,5	125	8	19,7	15,5	294	3,87	486	4,87	122	2,49	3,36
		9	22,0	17,3	327	3,86	520	4,86	135	2,48	3,40
		10	24,3	19,1	360	3,85	571	4,84	149	2,47	3,45
		12	28,9	22,7	422	3,82	670	4,82	174	2,46	3,53
		14	33,4	26,2	482	3,80	764	4,78	200	2,45	3,61
		16	37,8	29,6	539	3,78	853	4,75	224	2,44	3,68
14	140	9	24,7	19,4	466	4,34	739	5,47	192	2,79	3,78
		10	27,3	21,5	512	4,33	814	5,46	211	2,78	3,82
		12	32,5	25,5	602	4,31	957	5,43	248	2,76	3,90
16	160	10	31,4	24,7	774	4,96	1229	6,25	319	3,19	4,30
		11	34,4	27,0	844	4,95	1341	6,24	348	3,18	4,35
		12	37,4	29,4	913	4,94	1450	6,23	376	3,17	4,39
		14	43,3	34,0	1046	4,92	1662	6,20	431	3,16	4,47
		16	49,1	38,5	1175	4,89	1866	6,17	485	3,14	4,55
		18	54,8	43,0	1299	4,87	2061	6,13	537	3,13	4,63
		24	60,4	47,4	1419	4,85	2248	6,10	589	3,12	4,70
18	180	11	38,8	30,5	1216	5,60	1933	7,06	500	3,59	4,85
		12	42,2	33,1	1317	5,59	2093	7,04	540	3,58	4,89
20	200	12	47,1	37,0	1823	6,22	2896	7,84	749	3,99	5,73
		13	50,9	39,9	1961	6,21	3116	7,83	805	3,98	5,42
		14	54,6	42,8	2097	6,20	3333	7,81	761	3,97	5,46
		16	62,0	48,7	2363	6,17	3755	7,78	970	3,96	5,54
		20	76,5	60,1	2871	6,12	4560	7,72	1182	3,93	5,70
		25	94,3	74,0	3466	6,06	5494	7,63	1438	3,91	5,89
		30	111,5	87,6	4020	6,00	6351	7,55	1688	3,89	6,07
22	220	14	60,4	47,4	2814	6,83	4470	8,60	1159	4,38	5,93
		16	68,6	53,8	3175	6,81	5045	8,58	1306	4,36	6,02
24	240	16	78,4	61,5	4717	7,76	7492	9,78	1942	4,98	6,75
		18	87,7	68,9	5247	7,73	8337	9,75	2158	4,96	6,83
		20	97,0	76,1	5765	7,71	9160	9,72	2370	4,94	6,91
25	250	22	106,1	83,3	6270	7,69	9961	9,69	2579	4,93	7,00
		25	119,7	94,0	7006	7,65	1112	9,54	2887	4,91	7,11
		28	133,1	104,5	7717	7,61	1224	9,59	3190	4,89	7,23
		30	142,0	11,4	8177	7,59	1296	9,56	3389	4,89	7,31



Уголки стальные горячекатаные неравнополочные (по ГОСТ 8510-86)

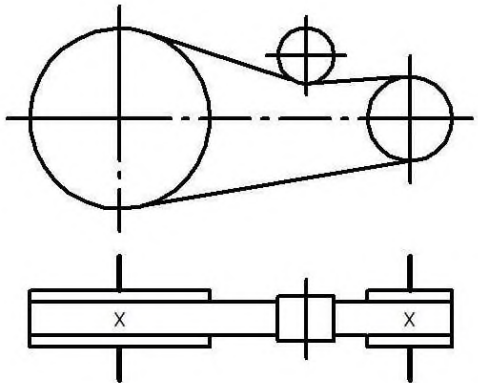
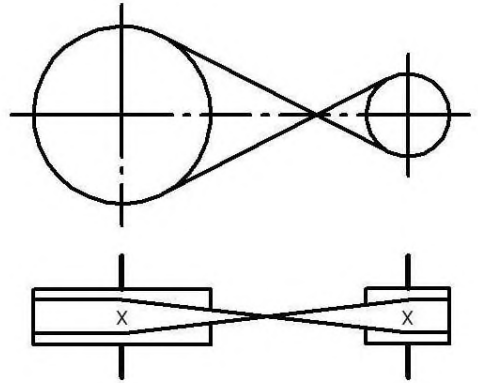
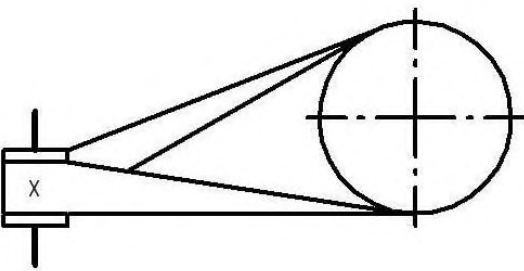
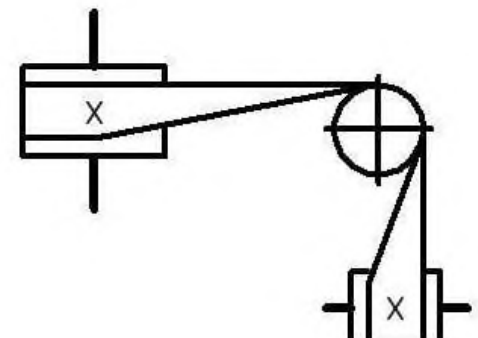
A – площадь поперечного сечения;

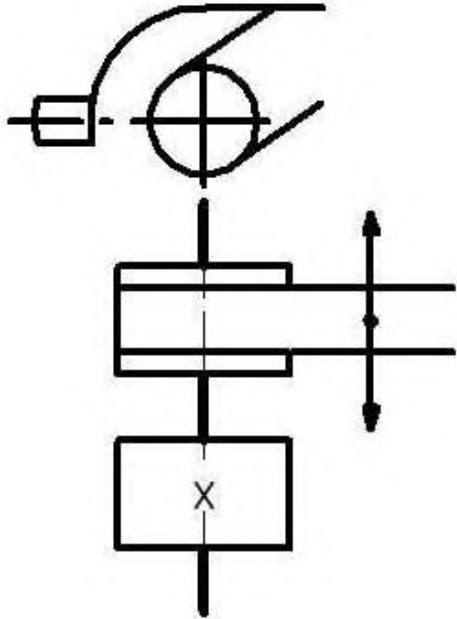
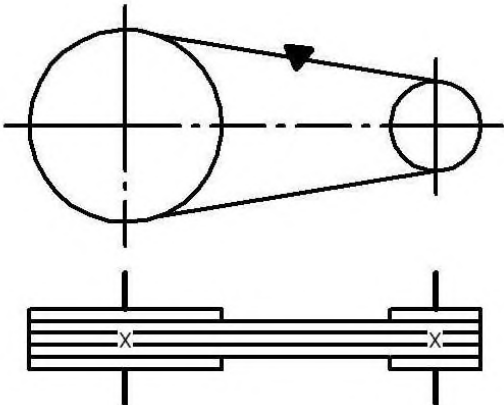
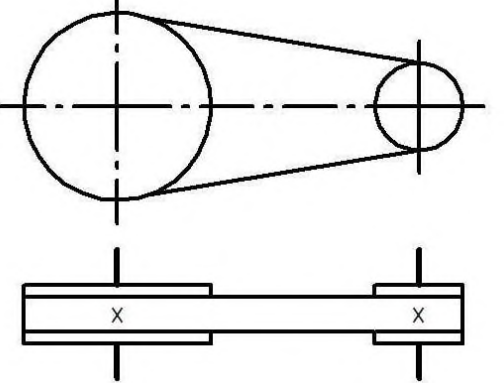
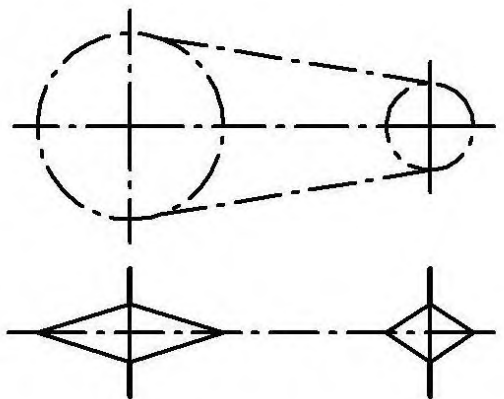
I – момент инерции;

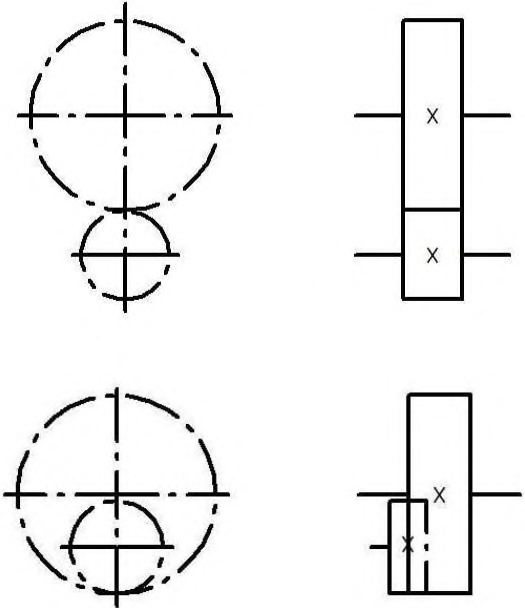
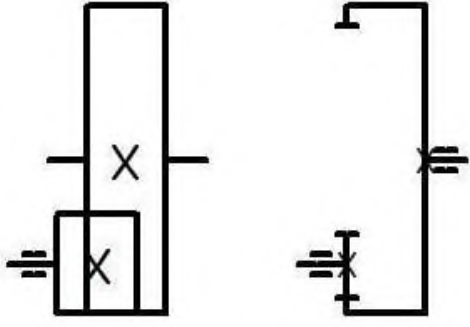
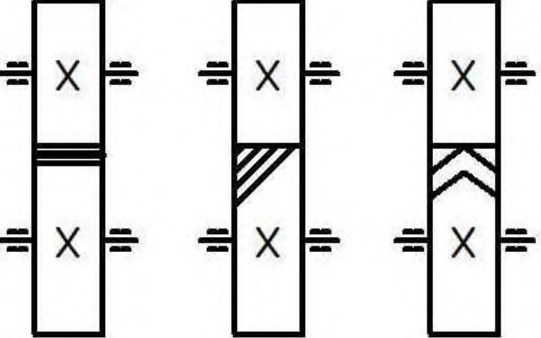
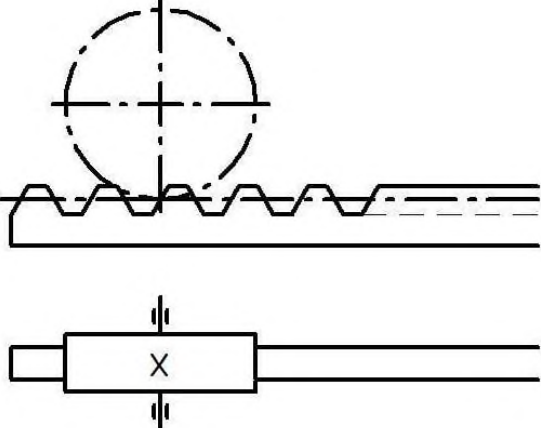
i – радиус инерции; α – угол наклона главной оси

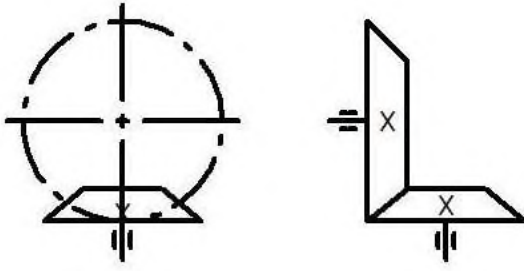
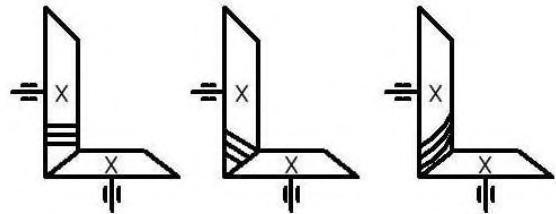
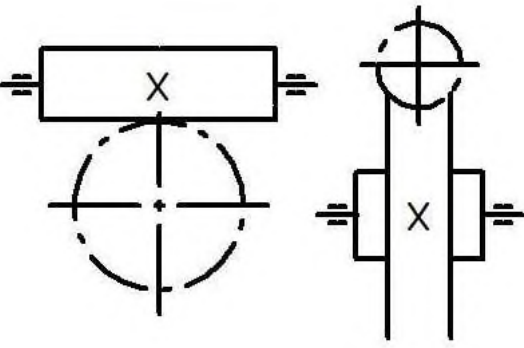
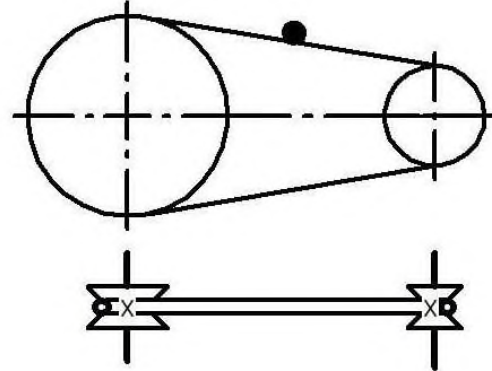
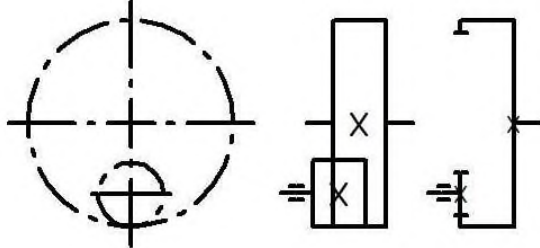
№	B , мм	b , мм	d , мм	A , см ²	m , кг	I_x , см ⁴	i_x , см	I_y , см ⁴	i_y , см	y_0 , см	x_0 , см	I_u , мин, см ⁴	i_u , мин, см	$\text{tg}\alpha$
7,5 / 5	75	50	5	6,11	7,79	34,8	2,30	12,5	1,43	2,39	1,17	7,24	1,09	0,436
			6	7,25	5,69	40,9	2,38	14,6	1,42	2,44	1,21	8,48	1,08	0,435
			8	9,47	7,43	52,4	2,35	18,3	1,40	2,52	1,29	10,9	1,07	0,430
9 / 5,6	90	56	5	7,86	6,17	65,3	2,88	19,7	1,58	2,92	1,26	11,8	1,22	0,384
			6	8,54	6,70	70,6	2,88	21,2	1,58	2,95	1,28	12,7	1,22	0,384
			8	11,18	8,77	90,9	2,85	27,1	1,56	3,04	1,36	16,3	1,21	0,380
10 / 6,3	100	63	6	9,59	7,53	98,3	3,2	30,6	1,79	3,23	1,42	18,2	1,38	0,393
			7	11,1	8,70	113,0	3,19	35,0	1,78	3,28	1,46	20,8	1,37	0,392
			8	12,6	9,87	127,0	3,18	39,2	1,77	3,32	1,50	23,4	1,36	0,392
			10	15,5	12,1	154,0	3,15	47,1	1,75	3,40	1,58	28,3	1,35	0,387
11 / 7	110	70	6	11,4	8,98	112,0	3,53	45,6	2,00	3,55	1,58	26,9	1,53	0,402
			8	13,9	10,9	172,0	3,51	54,6	1,98	3,61	1,64	32,3	1,52	0,400
12,5 / 8	125	80	7	14,1	11,0	227,0	4,01	73,7	2,29	4,01	1,80	43,4	1,76	0,407
			8	16,0	12,5	256,0	4,00	83,0	2,28	4,05	1,84	48,8	1,75	0,406
			10	19,7	15,5	312,0	3,98	100,0	2,26	4,14	1,92	59,3	1,74	0,404
			12	23,4	18,3	365,0	3,95	117,0	2,24	4,22	2,00	69,5	1,72	0,400
14 / 9	140	90	8	18	14,1	364,0	4,49	120,0	2,58	4,49	2,03	70,3	1,98	0,411
			10	22,2	17,5	444,0	4,70	146,0	2,56	4,58	2,12	85,5	1,96	0,409
16 / 10	160	100	9	22,9	18,0	606,0	5,15	186,0	2,85	5,19	2,23	110	2,20	0,391
			10	25,3	19,8	667,0	5,13	204,0	2,84	5,23	2,28	121	2,19	0,390
			12	30,0	23,6	784,0	5,11	239,0	2,82	5,32	2,36	142	2,18	0,388
			14	34,7	27,3	897,0	5,00	272,0	2,80	5,40	2,43	162	2,16	0,385
18 / 11	180	110	10	28,3	22,2	952	5,80	276,0	3,12	5,88	2,44	165	2,42	0,375
			12	33,7	26,4	1123	5,77	324,0	3,10	5,97	2,52	194	2,52	0,374
20 / 12,5	200	125	11	34,9	27,4	1449	6,45	446,0	3,58	6,50	2,79	264	2,75	0,392
			12	37,9	29,7	1568	6,43	482,0	3,57	6,54	2,83	286	2,74	0,392
			14	43,9	34,4	1801	6,41	551,0	3,54	6,62	2,91	327	2,73	0,390
			16	49,8	39,1	2026	6,38	617,0	3,52	6,71	2,99	367	2,72	0,388
25 / 16	250	160	12	48,3	37,9	3147	8,07	1032	4,62	7,97	3,53	604	3,54	0,410
			16	63,6	49,9	4091	8,02	1333	4,58	8,14	3,69	781	3,50	0,408
			18	71,1	55,8	4545	7,99	1475	4,56	8,23	3,77	806	3,49	0,407
			20	78,5	61,7	4987	7,97	1613	4,53	8,31	3,85	949	3,48	0,405

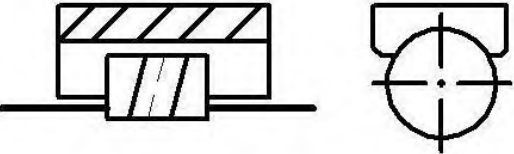
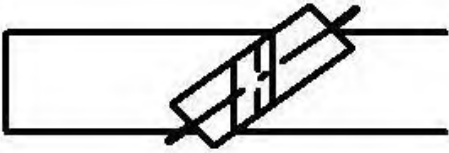
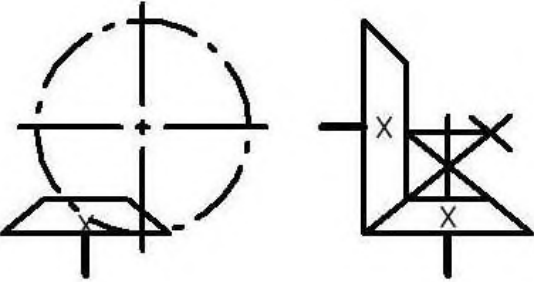
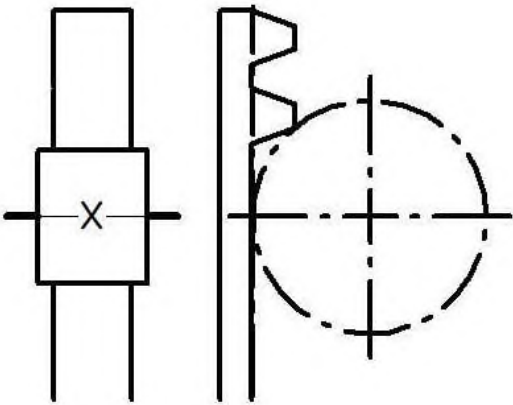
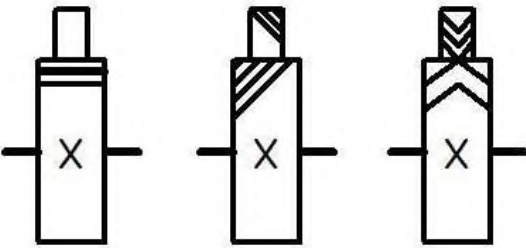
Условные обозначения механических передач

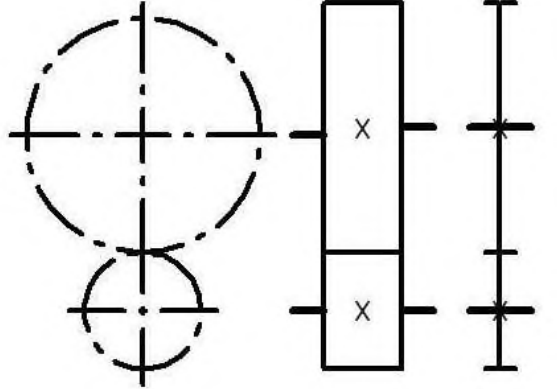
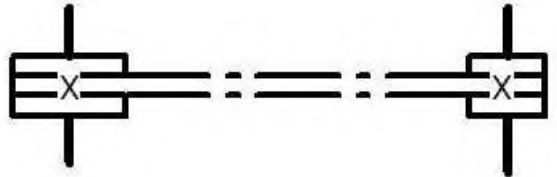
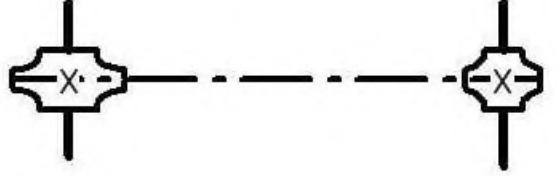
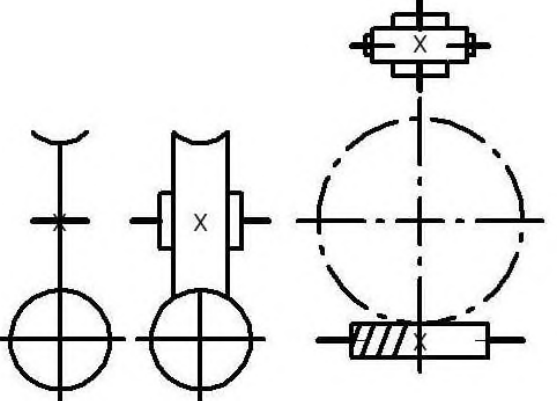
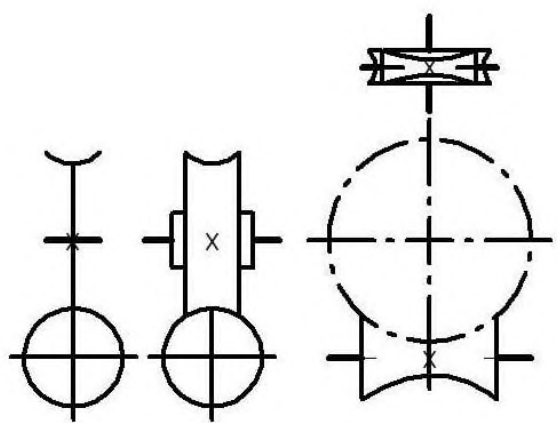
Наименование	Обозначение
1. Открытые с натяжным роликом	
2. Перекрёстные	
3. Полуперекрёстные	
4. Угловые	

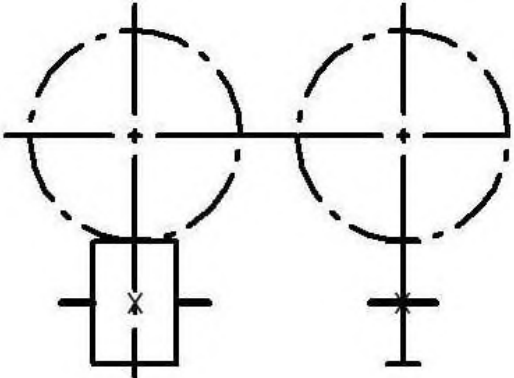
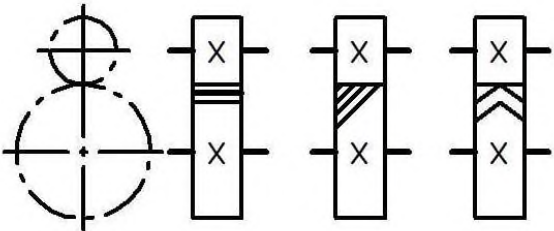
5. Отводка ремня	
6. Передача клиновидным ремнём	
7. Передача ремнем без уточнения типа ремня	
8. Передача цепью, общее обозначение без уточнения типа цепи	

9. Передачи зубчатые цилиндрические: Внешнее зацепление без уточнения типа зубьев Внутреннее зацепление без уточнения типа зубьев	
10. Цилиндрическая зубчатая передача с внутренним зацеплением	
11. Цилиндрические передачи соответственно с прямыми, косыми и тангенциальными зубьями	
12. Зубчато-реечная передача	

13. Коническая зубчатая передача	
14. Конические передачи соответственно с прямыми тангенциальными и круговыми зубьями	
15. Червячная передача	
16. Передача винт-гайка	
17. Передача круглым ремнём	
18. Цилиндрически передачи с внутренним зацеплением	

19. Реечная передача с червячной рейкой и червяком	
20. Реечная передача с зубчатой рейкой и червяком	
21. Коническая гипоидная зубчатая передача	
22. Общее обозначение реечной передачи	
23. Зубчатая реечная передача с шевронными, косыми и прямыми зубьями.	

24. Цилиндрическая зубчатая передача с внешним зацеплением (общее обозначение)	
25. Бесшумная (зубчатая) цепная передача	
26. Роликовая цепная передача	
27. Червячная передача с цилиндрическим червяком	
28. Червячная глобоидная передача	

29. Передатки зубчатые цилиндрические со скрещивающимися валами	
30. Зубчатая цилиндрическая	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

СОГЛАСОВАНО

Старший методист



М.В. Отс

Методист по ИТ



Т.А. Сергеева