

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Е. Ю. Дудник

МЕХАНИКА

Раздел «Детали машин»

*Учебно-методическое пособие
для студентов направлений подготовки:
20.03.01 «Техносферная безопасность»,
44.03.01 «Педагогическое образование»,
13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»*

Южно-Сахалинск
СахГУ
2019

УДК 621.8(075.8)
ББК 34.44я73
Д815

Печатается по решению учебно-методического совета
Сахалинского государственного университета, 2018 г.

Рецензенты:

Дудченко И. П., научный сотрудник центра коллективного пользования, руководитель отдела исследования геофизических полей и физических свойств геоматериалов, кандидат технических наук ФГБУН ИМГиГ ДВОРАН;

Валиуллин Р. Г., индивидуальный предприниматель;

Кривуца З. Ф., доктор технических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой физики и информатики ФГБОУ ВО «ДальГАУ».

Д815 Дудник, Е. Ю. МЕХАНИКА. Раздел «Детали машин» : учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность», 44.03.01 «Педагогическое образование», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» / Е. Ю. Дудник. – Южно-Сахалинск : СахГУ, 2019 – 128 с.

ISBN 978-5-88811-589-3

Учебно-методическое пособие рассчитано на приобретение теоретических знаний по разделу «Детали машин». Пособие содержит краткие теоретические сведения по темам раздела «Детали машин», тестовые вопросы и раздел «Вопросы и задания для самоконтроля», который может быть использован в качестве рабочей тетради при выполнении домашних контрольных заданий.

При разработке учебно-методического пособия учитывались требования ФГОС ВО.

Предназначено для студентов направлений подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность»; 44.03.01 «Педагогическое образование», профиль «Технология»; 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника» очной и заочной форм обучения.

УДК 621.8(075.8)
ББК 34.44я73

Учебное издание

ДУДНИК Евгения Юрьевна
МЕХАНИКА. Раздел «Детали машин»

Учебно-методическое пособие для студентов направлений подготовки: 20.03.01 «Техносферная безопасность», 44.03.01 «Педагогическое образование», 13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»

Корректор В. А. Яковлева. **Верстка** О. А. Надточий.

Подписано в печать 08.07.2019. Бумага «IQ Economu».
Гарнитура «Myriad Pro». Формат 60x84 1/6. Объем 7,44 усл. п. л.
Тираж 500 экз. (1-й завод 1–100 экз.). Заказ № 967-18.
Сахалинский государственный университет
693008, Южно-Сахалинск, ул. Ленина, 290, каб. 32.
Тел. (4242) 45-23-16, факс (4242) 45-23-17.
E-mail: izdatelstvo@sakhgu.ru,
polygraph@sakhgu.ru

ISBN 978-5-88811-589-3

© Дудник Е. Ю., 2019
© Сахалинский государственный университет, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	4
ТЕМА 1. Механические передачи	6
ТЕМА 2. Фрикционные передачи	16
ТЕМА 3. Ременные передачи	19
ТЕМА 4. Зубчатые передачи	22
ТЕМА 5. Червячные передачи	26
ТЕМА 6. Планетарные передачи	29
ТЕМА 7. Цепные передачи	31
ТЕМА 8. Передача винт-гайка	33
ТЕМА 9. Валы и оси	35
ТЕМА 10. Подшипники качения	39
ТЕМА 11. Подшипники скольжения	43
ТЕМА 12. Механические муфты	46
ТЕМА 13. Неразъемные соединения	54
ТЕМА 14. Разъемные соединения деталей	58
Вопросы и задания для самоконтроля	62
Тестовые вопросы по темам раздела «Детали машин»	98
Библиографический список	127
Приложение	128

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире машины играют не только важную роль, но и изменяют жизнь человека. Они везде. На самом деле мы используем машины каждый день и даже не отдаем себе в этом отчет. Почти все, чем мы пользуемся в повседневной жизни, было сделано при помощи машин.

Машины облегчают труд человека и повышают его производительность. С использованием машин появилась возможность деятельности человека в таких областях, где имеется опасность для его жизни или где без машин его работа просто невозможна.

Грамотная эксплуатация современных машин требует от специалистов глубоких знаний в различных областях науки и техники. Значительная роль принадлежит разделу «Детали машин», являющемуся заключительным в общетехнической подготовке будущих квалифицированных специалистов.

В пределах часов, отведенных на данный раздел дисциплины учебным планом, основными задачами являются: изучение конструкций, типажа и критериев работоспособности деталей машин; изучение основ теории совместной работы деталей машин и методов их расчета; развитие навыков конструирования.

В результате освоения студент должен:

• *знать:*

– классификацию изделий машиностроения, их служебное назначение и показатели качества, жизненный цикл; материалы, применяемые в машиностроении;

– закономерности и связи процессов проектирования и создания машин;

– технико-экономические показатели и критерии работоспособности оборудования;

– методы моделирования, расчета систем элементов оборудования для производств;

• *уметь:*

– проектировать и конструировать типовые элементы машин, выполнять их оценку по прочности и жесткости и другим критериям работоспособности;

– формулировать служебное назначение изделий маши-

ностроения, определять требования к их качеству, выбирать материалы для их изготовления;

• *владеть:*

– навыками выбора аналогов и прототипа конструкций при их проектировании;

– навыками оформления результатов исследований и принятия соответствующих решений.

Содержание вопросов и заданий для самостоятельной работы студентов, представленных в учебно-методическом пособии, позволяет контролировать необходимый уровень знаний в соответствии с требованиями ФГОС высшего образования.

Учебно-методическое пособие составлено таким образом, что охватывает все темы изучаемого раздела «Детали машин». Каждая тема раздела содержит задания и вопросы для самоконтроля, которые могут быть оформлены отдельно в виде рабочей тетради.

Все задания для рабочей тетради даны в доступной форме, сложность вопросов соответствует подготовке студентов данного направления.

При заполнении рабочей тетради желательно использовать конспект лекций, учебную литературу, интернет-ресурсы. Рабочая тетрадь заполняется аккуратно, последовательно, в процессе изучения раздела «Детали машин». Титульный лист рабочей тетради студента представлен в приложении.

Представленные задания для самостоятельной работы студентов способствуют закреплению учебного материала, развивают мышление, прививают умение самостоятельно решать задачи.

Учебно-методическое пособие может быть использовано преподавателями как для закрепления и организации контроля знаний студентов при обучении на занятиях, так и для самостоятельной работы студентов.

ТЕМА 1 МЕХАНИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о принципе работы, достоинствах и недостатках различных видов передач;
- **знать** кинематические и силовые отношения в передаточных механизмах, формулы для расчета передаточного отношения, КПД вращающего момента для всех ступеней многоступенчатого привода;
- **уметь** выбрать тип механической передачи для преобразования одного вида движения в другой, оценить выбранную передачу, произвести кинематический и силовой расчеты механической передачи.

Теоретические сведения

Механической передачей называют устройство для передачи механического движения от двигателя к исполнительным органам машины.

Машина – система механизмов, выполняющая определенные действия для преобразования энергии, материалов или информации с целью облегчения физического или умственного труда.

Необходимость применения передач обусловлена нецелесообразностью, а иногда и невозможностью непосредственного соединения рабочего органа машины с валом двигателя. Механизмы вращательного движения позволяют осуществить непрерывное и равномерное движение с наименьшими потерями энергии на преодоление трения и наименьшими инерционными нагрузками.

Механизм – система подвижно соединенных между собой тел, предназначенных для преобразования одного вида движения в другой.

Передавая механическую энергию от двигателя к исполнительному элементу (элементам), передачи одновременно могут выполнять одну или несколько из следующих функций.

1. Понижение (или повышение) частоты вращения от вала двигателя к валу исполнительного элемента.

Понижение частоты вращения называют редуцированием, а закрытые передачи, понижающие частоты вращения, – редукторами.

Устройства, повышающие частоты вращения, называют ускорителями или мультипликаторами.

В технике и машиностроении наибольшее применение получили понижающие передачи.

2. Изменение направления потока мощности.

3. Регулирование частоты вращения ведомого вала.

С изменением частоты вращения изменяется и вращающий момент: меньшей частоте соответствует больший момент. Для регулирования частоты вращения ведомого вала применяют коробки передач и вариаторы.

Коробки передач обеспечивают ступенчатое изменение частоты вращения ведомого вала в зависимости от числа ступеней и включенной ступени.

Вариаторы обеспечивают бесступенчатое в некотором диапазоне изменение частоты вращения ведомого вала.

4. Преобразование одного вида движения в другой (вращательного в поступательное, равномерного в прерывистое и т. д.).

5. Реверсирование движения – изменение направления вращения выходного вала машины в ту или иную сторону в зависимости от функциональной необходимости.

6. Распределение энергии двигателя между несколькими исполнительными элементами машины.

В зависимости от принципа действия механические передачи разделяют на две основные группы:

- передачи зацеплением (зубчатые, червячные, цепные);
- передачи трением (фрикционные, ременные).

Каждая из указанных групп передач подразделяется на две подгруппы:

- передачи с непосредственным контактом передающих звеньев;
- передачи с гибкой связью (цепь, ремень) между передающими звеньями.

Кроме этих основных классификационных признаков передачи подразделяют по некоторым другим конструктивным характеристикам: расположению валов, характеру изменения вращающего момента и угловой скорости, по количеству ступеней и т. д.

Классификация механических передач по различным признакам представлена ниже.

1. По способу передачи движения от входного вала к выходному:

– передачи зацеплением: зубчатые, червячные, цепные, винт-гайка;

– передачи трением: фрикционные, ременные.

2. По способу соединения звеньев:

– передачи с непосредственным контактом (фрикционные, зубчатые, червячные, винт-гайка);

– передачи гибкой связью (ременные, цепные).

3. По взаимному расположению валов в пространстве:

– с параллельными осями валов – зубчатые с цилиндрическими колесами, фрикционные с цилиндрическими роликами, цепные;

– с пересекающимися осями валов – зубчатые и фрикционные конические, фрикционные лобовые;

– с перекрещивающимися осями – зубчатые (винтовые и гипоидные), червячные, лобовые фрикционные со смещением ролика.

4. По характеру изменения угловой скорости выходного вала по отношению к входному:

– редуцирующие (понижающие);

– мультиплицирующие (повышающие).

5. По характеру изменения передаточного отношения (числа):

– передачи с постоянным (неизменным) передаточным отношением;

– передачи с переменным (изменяемым или по величине, или по направлению, или и то и другое вместе) передаточным отношением.

6. По подвижности осей и валов:

– передачи с неподвижными осями валов – рядовые (коробки скоростей, редукторы);

– передачи с подвижными осями валов (планетарные передачи, вариаторы с поворотными роликами).

7. По количеству ступеней преобразования движения:

– одноступенчатые;

– многоступенчатые.

8. По конструктивному оформлению:

– закрытые;

– открытые (бескорпусные).

Независимо от типа и конструкции в любой механической передаче можно выделить два вала, называемые в направлении передачи мощности входным (ведущим) и выходным (ведомым).

Зубчатой передачей называется трехзвенный механизм, в котором два подвижных звена являются зубчатыми колесами или колесо и рейка с зубьями, образующими с неподвижным звеном (корпусом) вращательную или поступательную пару.

Зубчатая передача состоит из двух колес, посредством которых они сцепляются между собой. Зубчатое колесо с меньшим числом зубьев называют шестерней, с большим числом зубьев – колесом.

Планетарными называются передачи, содержащие зубчатые колеса с перемещающимися осями. Передача состоит из центрального колеса с наружными зубьями, центрального колеса с внутренними зубьями, водила и сателлитов. Сателлиты вращаются вокруг своих осей и вместе с осью вокруг центрального колеса, то есть совершают движение, подобное движению планет.

Червячная передача применяется для передачи вращения от одного вала к другому, когда оси валов перекрещиваются. Угол перекрещивания в большинстве случаев равен 90° . Наиболее распространенная червячная передача состоит из так называемого архимедова червяка, то есть винта, имеющего трапецеидальную резьбу с углом профиля в осевом сечении, равным двойному углу зацепления ($2\alpha = 40^\circ$), и червячного колеса.

Волновые механические передачи

Волновая передача основана на принципе преобразования параметров движения за счет волнового деформирования гибкого звена механизма.

Волновые зубчатые передачи являются разновидностью планетарных передач, у которых одно из колес гибкое.

Фрикционные передачи

Передачи, работа которых основана на использовании сил трения, возникающих между рабочими поверхностями двух прижатых друг к другу тел вращения, называют фрикционными передачами.

Ременные передачи

Ременная передача состоит из двух шкивов, закрепленных на валах, и охватывающего их ремня. Ремень надет на шкивы с

определенным натяжением, обеспечивающим трение между ремнем и шкивами, достаточное для передачи мощности от ведущего шкива к ведомому.

В зависимости от формы поперечного сечения ремня различают: плоскоремennую, клиноремennую и круглоремennую передачи.

Цепные передачи

Цепная передача состоит из двух колес с зубьями (звездочек) и охватывающей их цепи. Наиболее распространены передачи с втулочно-роликовой цепью и зубчатой цепью. Цепные передачи применяются для передачи средних мощностей (не более 150 кВт) между параллельными валами в случаях, когда межосевые расстояния велики для зубчатых передач.

Передача винт-гайка

Передача винт-гайка служит для преобразования вращательного движения в поступательное. Широкое применение таких передач определяется тем, что при простой и компактной конструкции удается осуществить медленные и точные перемещения.

В авиационной передаче винт-гайка используется в механизмах управления самолетом: для перемещения взлетно-посадочных закрылков, для управления триммерами, поворотными стабилизаторами и др.

К преимуществам передачи относятся простота и компактность конструкции, большой выигрыш в силе, точность перемещений.

Недостатком передачи является большая потеря на трение и связанный с этим малый КПД.

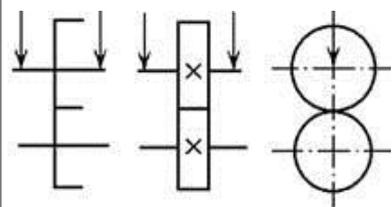
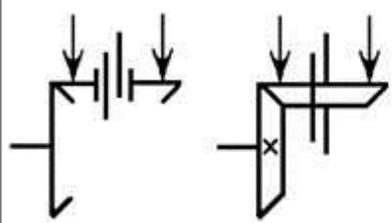
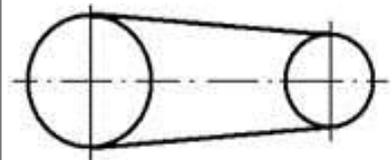
Кинематические схемы механических передач приведены в таблице 1.

Таблица 1

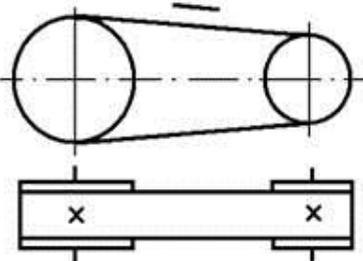
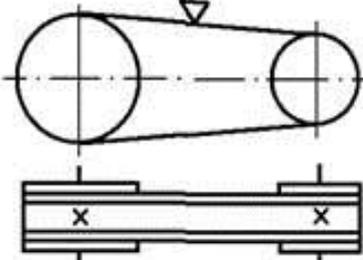
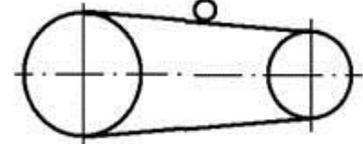
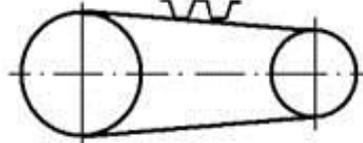
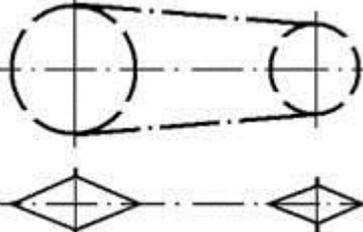
Кинематические схемы механических передач и деталей машин

Наименование	Обозначение
1	2
Вал, валик, ось, стержень, шатун и т. п.	

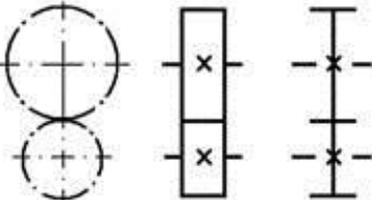
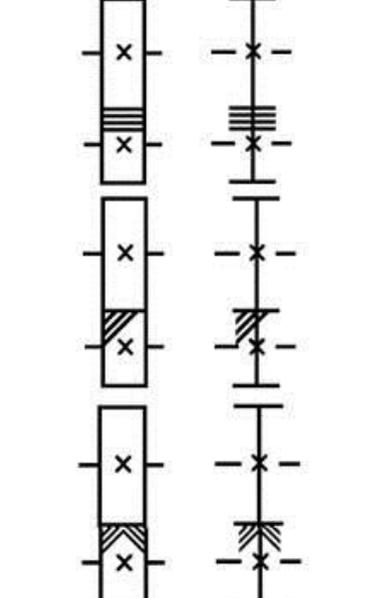
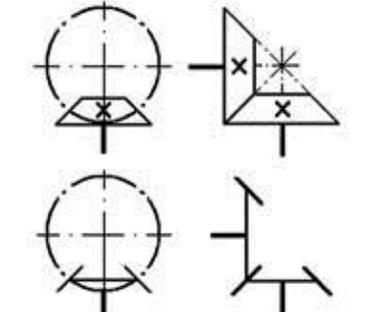
Продолжение таблицы 1

1	2
Подшипники скольжения и качения на валу (без уточнения типа)	
Муфта. Общее обозначение без уточнения типа	
Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа	
Передачи фрикционные: а) с цилиндрическими роликами	
б) с коническими роликами	
Передача ремнем без уточнения типа ремня	

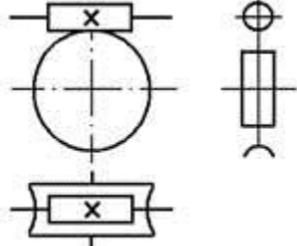
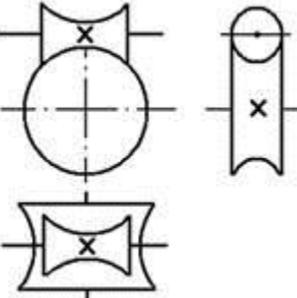
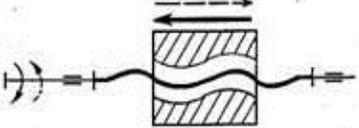
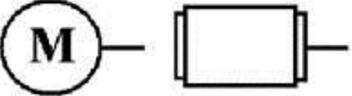
Продолжение таблицы 1

1	2
Передача плоским ремнем	
Передача клиновым ремнем	
Передача круглым ремнем	
Передача зубчатым ремнем	
Передача цепью, общее обозначение без уточнения типа цепи	

Продолжение таблицы 1

1	2
Передачи зубчатые (цилиндрические): а) внешнее зацепление (общее обозначение без уточнения типа зубьев)	
б) то же, с прямыми, косыми и шевронными зубьями	
Передачи зубчатые с пересекающимися валами, конические	

Окончание таблицы 1

1	2
Передатки зубчатые со скрещивающимися валами: а) червячные с цилиндрическим червяком	
б) червячные глобоидные	
Передатка винт-гайка	
Электродвигатель	

Во всех механических передачах различают два основных звена: *входное* (ведущее) и *выходное* (ведомое). Звенья, передающие вращающий момент, называют *ведущими*, а звенья, приводимые в движение от ведущих (катки, шкивы, зубчатые колеса и т. п.), – *ведомыми* (рис. 1).

Особенности каждой передачи и ее применение определяются следующими основными характеристиками, необходимыми для выполнения проектного расчета любой передачи:

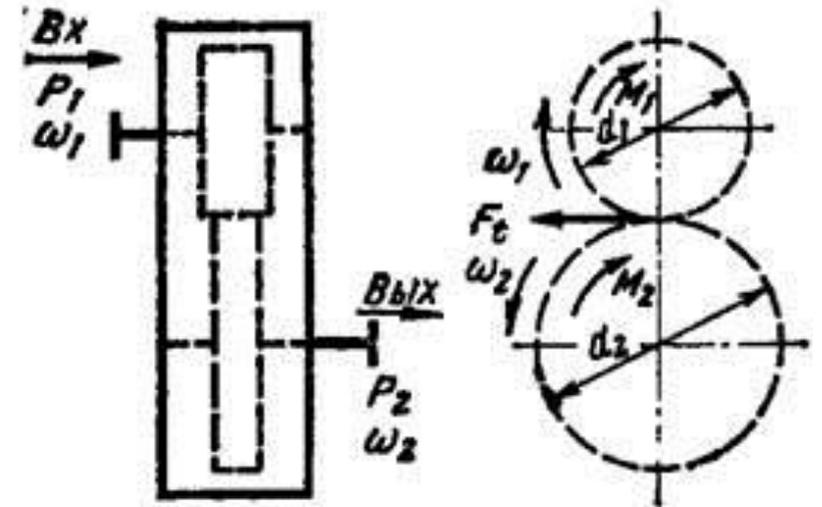


Рис. 1. Схема механической передачи

- мощность на ведущем P_1 и ведомом P_2 валах (кВт);
- вращающие моменты T_1 и T_2 на валах (Н·м);
- угловые скорости ведущего ω_1 и ведомого ω_2 валов (рад/с).

Дополнительными характеристиками являются:

- коэффициент полезного действия (КПД) передачи η ;
- окружная скорость ведущего или ведомого звена u (м/с);
- передаточное отношение определяется в направлении потока мощности u .

Параметры передачи, относящиеся к ведущим звеньям, будем отмечать индексом 1, а к ведомым – индексом 2, то есть $d_1, u_1, \omega_1, P_1, T_1$ – на ведущем валу; $d_2, u_2, \omega_2, P_2, T_2$ – на ведомом.

ТЕМА 2 ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о принципе работы, достоинствах и недостатках фрикционных передач и вариаторов основных типов;
- **знать** формулы для расчета передаточного отношения передачи с учетом и без учета скольжения в передаче, для расчета силы трения, момента трения, усилия нажатия пружины; устройство, материалы, причины выхода из строя и критерии работоспособности фрикционных передач; формулы для определения диапазона регулирования вариаторов основных типов; формулы для расчета на контактную прочность;
- **уметь** пользоваться формулами при расчетах фрикционных передач.

Теоретические сведения

Фрикционной передачей называется механизм, служащий для передачи вращательного движения от одного вала к другому с помощью сил трения, возникающих между насаженными на валы и прижатыми друг к другу дисками, цилиндрами или конусами.

Фрикционные передачи состоят из двух катков (рис. 2): ведущего 1 и ведомого 2, которые прижимаются один к другому силой F_r , так что сила трения в месте контакта катков достаточна для передачи окружного усилия F_t .

Условие работоспособности передачи:

$$R_f \geq F_t,$$

где F_t – передаваемая окружная сила;

R_f – сила трения между катками;

$R_f = fF_r$ – сила трения в зоне контакта катков фрикционной передачи;

F_r – прижимная сила;

f – коэффициент трения.

Как правило, для создания требуемой силы трения R_f катки

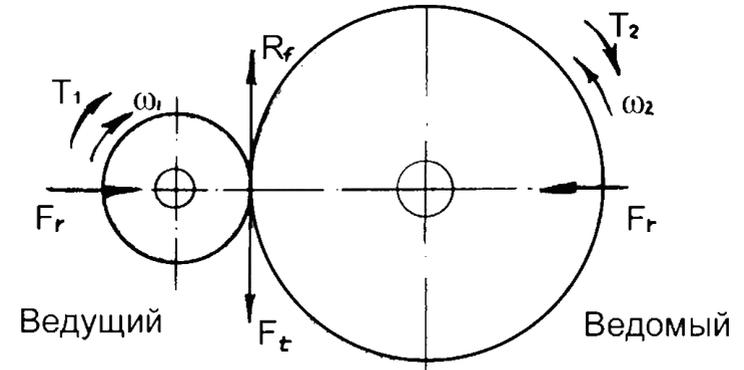


Рис. 2. Схема фрикционной передачи

прижимают друг к другу силой F_r , которая во много раз превышает окружную силу F_t .

Классификация передач:

1. По назначению:
 - с нерегулируемым передаточным отношением, то есть постоянным отношением;
 - с регулируемым, позволяющим изменять передаточное отношение плавно и непрерывно (бесступенчатое регулирование без промежуточного звена – вариаторы) и с промежуточным звеном.
 2. По взаимному расположению валов:
 - цилиндрические или конусные с параллельными осями;
 - конические и лобовые с пересекающимися осями;
 - торовые соосные.
 3. В зависимости от условий работы:
 - открытые (работают всухую);
 - закрытые (работают в масляной ванне).
 4. По принципу действия:
 - нереверсивные;
 - реверсивные.
- Основные достоинства:
- удобство регулирования частоты вращения ведомого звена;
 - простота конструкции;
 - плавность движения и бесшумность.

ТЕМА 3 РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Недостатки передач обусловлены сравнительно большими нагрузками на валы и возможностью взаимного проскальзывания катков.

Область применения: фрикционные передачи с постоянным передаточным отношением применяют в машиностроении сравнительно редко (молоты, лебедки в буровой технике и т. п.). Эти передачи чаще применяют в приборах и аппаратах, где требуется плавность и бесшумность работы (спидометры и т. д.). Наиболее распространены в машиностроении вариаторы – передачи с переменным передаточным отношением (в металлорежущих станках, приводах текстильных и транспортных машин).

К материалам трущихся поверхностей катков предъявляют следующие требования: высокие износостойкость, коэффициент трения f , модуль упругости E и влагостойкость. Катки фрикционных передач изготавливают из однородных или разнородных материалов. При этом целесообразно выполнять ведомый каток из более износостойкого материала. Применяют следующие сочетания материалов.

1. Закаленная сталь по стали (ШХ15, 40ХН) для быстроходных закрытых силовых передач.

2. Чугун по чугуну (СЧ15-32, СЧ18-36) или чугун по стали для открытых тихоходных силовых передач.

3. Текстолит, гетинакс по стали или по чугуну для малонагруженных открытых передач, не требующих большой долговечности.

4. Кожа, резина, прорезиненная ткань, пластмассы по стали или по чугуну для передачи незначительных моментов. Один из катков изготавливают из стали или чугуна (чаще ведомый), а второй покрывают одним из перечисленных неметаллических материалов.

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь представление** об упругом скольжении ремня, усилиях и напряжениях в ремне при передаче вращающего момента;
- **знать** типы ремней и шкивов, геометрические характеристики ременных передач, формулы для расчета передаточного отношения, межосевого расстояния передачи, длины ремня, основы расчета плоскоремennых и клиноремennых передач по тяговой способности, формулы для определения усилий натяжения ветвей ремня;
- **уметь** пользоваться таблицами стандартов для выбора ремней передачи, кривой скольжения и КПД ремня для определения приведенного полезного напряжения ремня.

Теоретические сведения

Ременной передачей называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения при помощи шкивов, закрепленных на валах, и бесконечной гибкой связи – приводного ремня, охватывающего шкивы (рис. 3).

Классификация ременных передач

Ременные передачи классифицируют по различным признакам:

1. По форме поперечного сечения ремня:
 - плоскоремennые (поперечное сечение ремня имеет форму плоского вытянутого прямоугольника);
 - клиноремennые (поперечное сечение ремня в форме трапеции);
 - поликлиноремennые (ремень снаружи имеет плоскую поверхность, а внутренняя взаимодействующая со шкивами поверхность ремня снабжена продольными гребнями, выполненными в поперечном сечении в форме трапеции);
 - круглоремennые (поперечное сечение ремня имеет круглую или овальную форму);
 - зубчаторемennые (внутренняя контактирующая со шки-

вами поверхность плоского ремня снабжена поперечными выступами, входящими в процессе работы передачи в соответствующие впадины шкивов).

2. По взаимному расположению валов и ремня, по количеству и виду шкивов:

- с параллельными геометрическими осями валов и ремнем, охватывающим шкивы в одном направлении (шкивы вращаются в одном направлении);
- с параллельными валами и ремнем, охватывающим шкивы в противоположных направлениях (шкивы вращаются во встречных направлениях);
- оси валов перекрещиваются под некоторым углом.

3. По конструкции шкивов:

- с однорядными шкивами;
- с двухшкивным валом, один из шкивов которого холостой;
- со ступенчатыми шкивами для изменения передаточного числа.

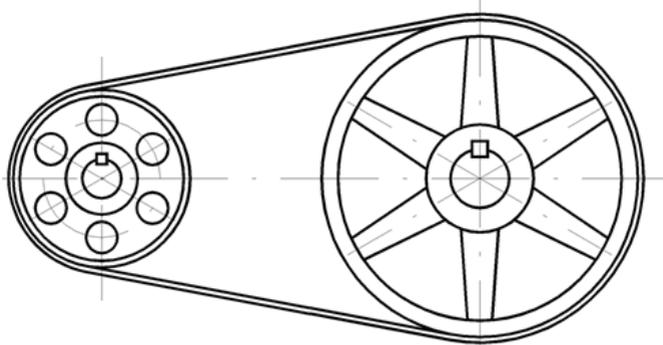


Рис. 3. Схема ременной передачи

4. По способу регулировки натяжения ремня:

- предварительным упругим растяжением ремня;
- перемещением одного из шкивов относительно другого;
- натяжным роликом;
- автоматическим устройством, обеспечивающим регулирование натяжения в зависимости от передаваемой нагрузки.

Достоинства:

- 1) возможность передачи на расстояние;

- 2) простота конструкции и малая стоимость;

- 3) плавность хода и бесшумность работы;

- 4) смягчение вибраций и толчков вследствие упругой вытяжки ремня.

Недостатки:

- 1) большие габаритные размеры;

- 2) малая долговечность ремня при больших скоростях;

- 3) большие нагрузки на валы и подшипники;

- 4) непостоянное передаточное отношение;

- 5) постоянный контроль за натяжением и уход за ремнем;

- 6) малый КПД (от 0,88–0,96).

Область применения: в машиностроении – станки, автотранспортные двигатели, то есть в основном в тех случаях, когда межосевое расстояние должно быть достаточно большим $P < 50$ Квт, $V = 5...40$ м/с.

ТЕМА 4 ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь представление** о видах разрушения, критериях работоспособности, материалах и допускаемых напряжениях зубчатых передач;
- **знать** геометрические, кинематические и силовые соотношения цилиндрических, конических зубчатых передач, формулы для расчета усилий в зацеплении, формулы для расчета прямозубых, косозубых, шевронных передач на контактную прочность и изгиб;
- **уметь** применять формулы для расчетов.

Теоретические сведения

Зубчатой передачей называется трехзвенный механизм, в котором два подвижных зубчатых звена образуют с неподвижным звеном вращательную или поступательную пару. Зубчатое звено передачи может представлять собой колесо, сектор или рейку. Зубчатые передачи служат для преобразования вращательных движений или вращательного движения в поступательное.

В связи с разнообразием условий эксплуатации формы элементов зубчатых зацеплений и конструкции передач весьма разнообразны.

Зубчатые передачи классифицируются по признакам (рис. 4, 5):

1. По взаимному расположению осей колес:
 - с параллельными осями (цилиндрическая передача);
 - с пересекающимися осями (коническая передача);
 - со скрещивающимися осями (винтовая передача; червячная передача).
2. В зависимости от относительного вращения колес и расположения зубьев:
 - с внешним зацеплением;
 - с внутренним.
3. По форме профиля различают зубья:

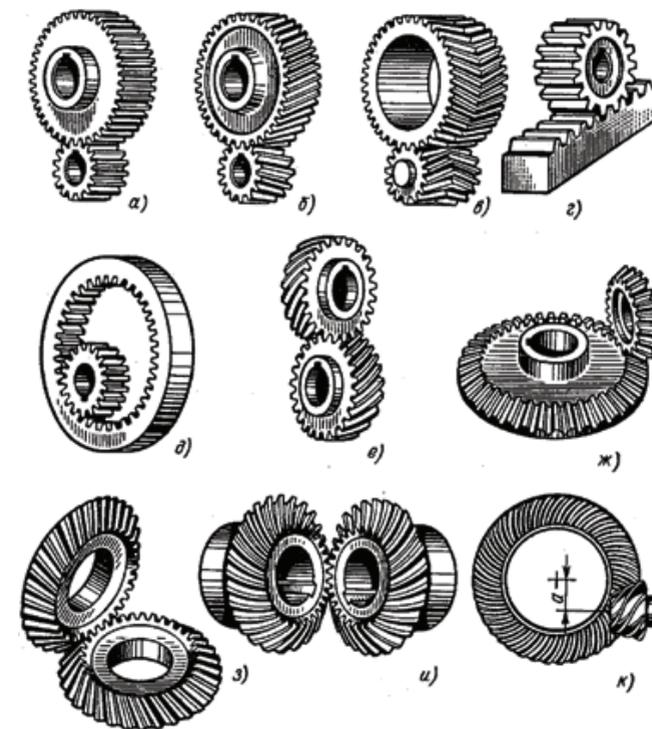


Рис. 4. Виды зубчатых передач

- эвольвентные;
 - с зацеплением М. Новикова.
4. В зависимости от расположения зубьев на ободке колес:
 - с прямыми зубьями;
 - косыми;
 - шевронными;
 - винтовыми.
 5. По конструктивному оформлению различают:
 - закрытые передачи, размещенные в специальном непроницаемом корпусе и обеспеченные постоянной смазкой из масляной ванны;
 - открытые, работающие без смазки или периодически смазываемые консистентными смазками.
 6. По величине окружной скорости различают:

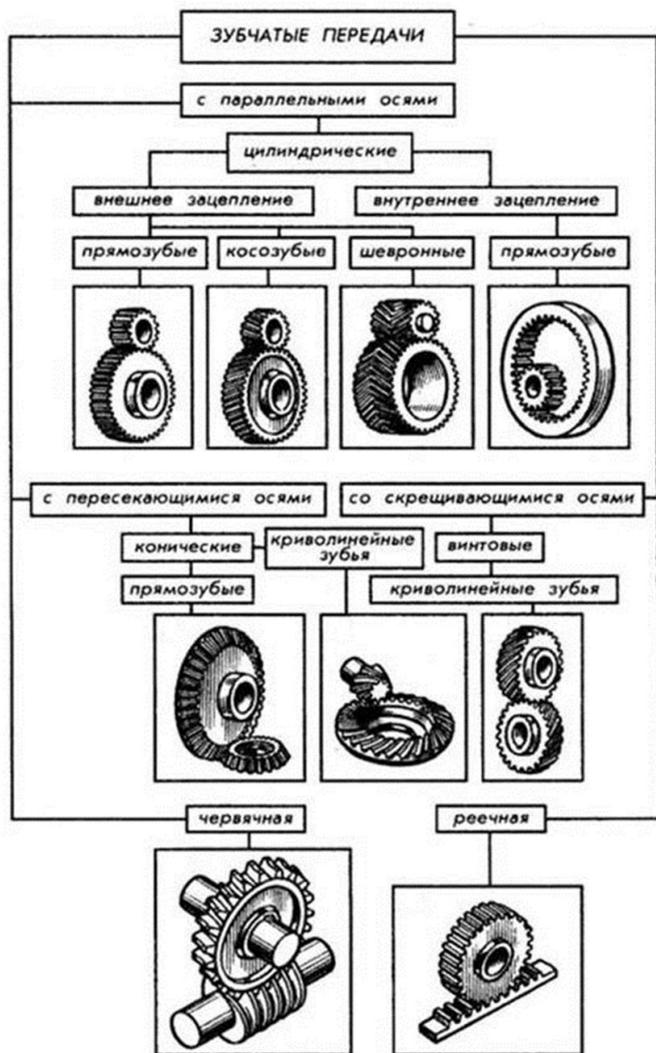


Рис. 5. Классификация зубчатых передач

- тихоходные передачи (v равной до 3 м/с);
- среднескоростные (v равной от 3... 15 м/с);
- быстроходные (v более 15 м/с).

7. В зависимости от числа ступеней:

- одноступенчатые;
 - многоступенчатые.
8. В зависимости от относительного характера движения осей зубчатых колес:
- рядовые передачи, у которых оси неподвижны;
 - планетарные зубчатые передачи, у которых ось сателлита вращается относительно центральных осей.

Достоинства:

- 1) высокая надежность в широком диапазоне нагрузок и скоростей;
- 2) постоянное передаточное число;
- 3) высокий КПД (до 0,97–0,99 для одной пары колес);
- 4) компактность;
- 5) сравнительно малые нагрузки на валы и подшипники;
- 6) простота обслуживания;
- 7) большая долговечность.

Недостатки:

- 1) высокие требования к точности изготовления и монтажа;
- 2) шум при больших скоростях.

ТЕМА 5 ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о видах разрушения, критериях работоспособности, материалах и допускаемых напряжениях зубчатых передач;
- **знать** принцип работы, особенности рабочего процесса, причины выхода из строя, критерии работоспособности, геометрические и силовые соотношения в червячных передачах, формулы для расчета на прочность;
- **уметь** применять формулы для расчетов.

Теоретические сведения

Червячной передачей называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения между валами со скрещивающимися осями. Обычно червячная передача состоит из червяка 1 и сопряженного с ним червячного колеса 2. Угол скрещивания осей обычно равен 90° (рис. 6).

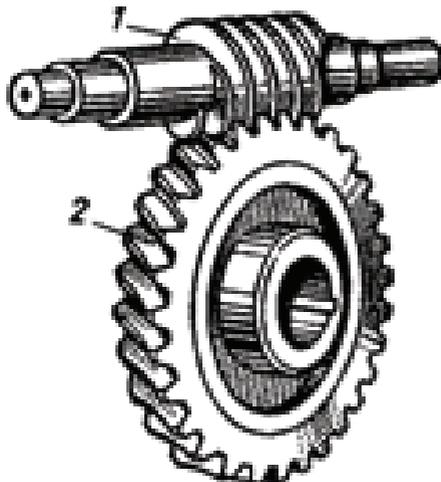


Рис. 6. Схема червячной передачи

Червячные передачи классифицируются по различным признакам:

1. По направлению линии витка червяка:
 - правые;
 - левые.
2. По числу заходов червяка:
 - с однозаходным червяком;
 - с многозаходным червяком.
3. По форме делительной поверхности червяка:
 - с цилиндрическим червяком;
 - с глобоидным.
4. По положению червяка относительно червячного колеса:
 - с нижним расположением червяка;
 - с верхним расположением червяка;
 - с боковым расположением червяка.
5. По пространственному положению вала червячного колеса:
 - с горизонтальным валом червячного колеса;
 - с вертикальным.
6. По форме боковой (рабочей) поверхности витка червяка:
 - с архимедовым червяком;
 - с конволютным червяком;
 - с эвольвентным червяком.

Достоинства:

- 1) плавность и бесшумность работы;
- 2) компактность и сравнительно небольшая масса;
- 3) возможность получения больших передаточных чисел (до 1000);
- 4) самоторможение передачи (движение осуществляется только от червяка к колесу).

Недостатки:

- 1) сравнительно низкий КПД вследствие скольжения витков червяка по зубьям колеса;
- 2) значительное выделение теплоты в зоне зацепления червяка с колесом;
- 3) повышенное изнашивание и склонность к заеданию.

Червячные передачи широко применяют в подъемно-транспортных машинах и механизмах, где необходима высокая кинематическая точность, в станкостроении, автомобилестроении и др. Мощность этих передач не превышает 60 кВт.

ТЕМА 6 ПЛАНЕТАРНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Ввиду того, что в червячном зацеплении преобладает трение скольжения, материалы червячной пары должны иметь низкий коэффициент трения, обладать хорошей износостойкостью.

Червяки изготавливают из среднеуглеродистых сталей 40, 45, 50 или легированных сталей 40 X, 40 XH с поверхностной или объемной закалкой до твердости HRC 45...53. Рабочие поверхности червяка шлифуются и полируются.

Червячные колеса часто изготавливают составными: зубчатые венцы из бронзы БрОФ10-1, БрОНФ10-1-1 или БрАЖ9-4, а ступицы из чугуна или стали.

При малых скоростях скольжения $v < 2\text{ м/с}$ червячные колеса изготавливают из серых чугунов СЧ10, СЧ15 и др.

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о планетарных передачах, критериях работоспособности, материалах и допускаемых напряжениях;
- **знать** принцип работы, особенности рабочего процесса, причины выхода из строя, критерии работоспособности, геометрические и силовые соотношения в планетарных передачах, формулы для расчета на прочность;
- **уметь** применять формулы для расчетов.

Теоретические сведения

Планетарными называют передачи, имеющие колеса с перемещающимися геометрическими осями.

Эти подвижные колеса подобно планетам Солнечной системы вращаются вокруг своих осей и одновременно перемещаются вместе с осями, совершая плоское движение, называются они сателлитами (лат. "*satellitum*" – спутник). Подвижные колеса катятся по центральным колесам (их иногда называют солнечными колесами), имея с ними внешнее, а с корончатым колесом внутреннее зацепление. Оси сателлитов закреплены в водиле и вращаются вместе с ним вокруг центральной оси.

Наиболее распространена зубчатая однорядная планетарная передача (рис. 7).

Она состоит из центрального колеса 1 с наружными зубьями (эпициклического колеса или эпицикла), неподвижного (центрального) колеса 2 с внутренними зубьями (солнечного колеса) и водила h , на котором закреплены оси планетарных колес g (или сателлитов).

Водило вместе с сателлитами вращается вокруг центральной оси, а сателлиты обкатываются по центральным колесам и вращаются вокруг своих осей, совершая движения, подобные движению планет. При неподвижном колесе 2 движение передается от колеса 1 к водилу h или наоборот.

Простейшая планетарная передача обычно включает одно

ТЕМА 7 ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о приводных цепях, звездочках и натяжных устройствах цепных передач;
- **знать** основные параметры, кинематику и геометрию цепных передач, типы цепей и звездочек, их сравнительную оценку, обозначение цепей по стандарту;
- **уметь** подобрать цепь и рассчитать цепную передачу на долговечность, исходя из износостойкости шарниров.

Теоретические сведения

Цепной передачей называется механизм, служащий для преобразования вращательного движения между параллельными валами при помощи двух жесткозакрепленных на них зубчатых колес – звездочек и надетой на них бесконечной цепи.

Цепь – многосвязная гибкая связь, которая может использоваться для перемещения грузов (тяговые цепи), подвески или подъема и опускания грузов (грузовые цепи), для передачи движения (приводные цепи) (рис. 8).

Цепные передачи классифицируют по признакам:

1. По количеству ведомых звездочек:

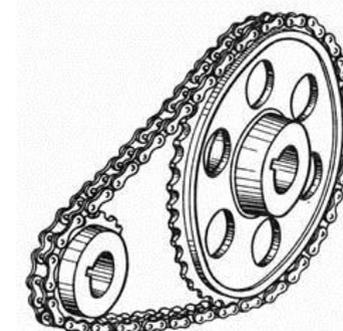


Рис. 8. Схема цепной передачи

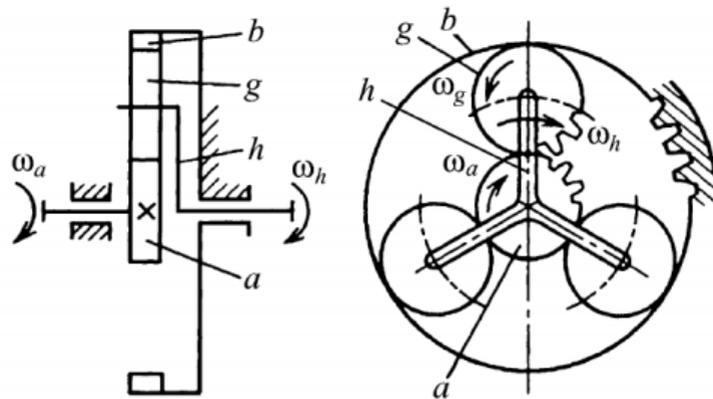


Рис. 7. Схема планетарной передачи

солнечное колесо, один эпицикл и одно водило. Такую планетарную передачу принято называть простым планетарным рядом.

Главной кинематической характеристикой простого планетарного ряда является его кратность $K = z_3/z_1$; где z_3 – количество зубьев эпицикла; а z_1 – количество зубьев солнечного колеса. По количеству планетарных рядов планетарные передачи бывают одно-, двух-, трех-, четырех- и многорядные. Часто используют классификацию планетарных передач, предложенную профессором В. Н. Кудрявцевым. По этой классификации число центральных колес обозначается цифрой и буквой К, далее в обозначении передачи через тире указывается число водил, равное количеству планетарных рядов, и буква Н. Согласно этой классификации, представленная выше кинематическая схема будет соответствовать передаче 2К–Н.

Основные достоинства планетарных передач – большие передаточные отношения, компактность и малая масса. С помощью дифференциальных передач в машинах получается сложение или разложение движения, что используют, в частности, в автомобилях и металлорежущих станках. Однако планетарные передачи по сравнению с обыкновенными требуют повышенной точности изготовления и сложнее в сборке. Планетарные передачи благодаря своим достоинствам нашли довольно широкое применение в станкостроении, транспортном машиностроении, приборостроении.

- нормальные;
 - специальные.
2. По конструктивному исполнению
- открытые (с легкими защитными кожухами);
 - закрытые (в закрытых кожухах).
3. По количеству цепей:
- однорядные;
 - многорядные.
4. По способу регулирования провисания цепи:
- с натяжным устройством;
 - с натяжной звездочкой (роликом).
5. По типу цепей:
- втулочные;
 - роликовые;
 - зубчатые.
6. По назначению:
- грузовые (круглозвенные, пластинчатые) – используют для закрепления грузов;
 - тяговые (втулочные) – применяют для перемещения грузов в машинах непрерывного транспорта (конвейерах, подъемниках, эскалаторах и др.);
 - приводные – используют для передачи движения.

Достоинства:

- 1) передача движения на расстояние до 8 м;
- 2) компактность;
- 3) возможность передачи движения одной цепью несколькими звездочкам;
- 4) высокий КПД ($\eta = 0,98$);
- 5) обладает мощностью до 3000 кВт.

Недостатки:

- 1) шум (вследствие удара звена цепи при входе в зацеплении);
- 2) высокая стоимость цепей;
- 3) вытягивание цепей вследствие износа в шарнирах;
- 4) сложность подвода смазки к шарнирам цепи;
- 5) невозможность использования передачи при реверсировании без остановки.

Цепная передача применяется в станках, транспортных и других машинах для передачи движения между параллельными валами, расположенными на значительном расстоянии, когда зубчатые передачи непригодны, а ременные ненадежны.

ТЕМА 8 ПЕРЕДАЧА ВИНТ-ГАЙКА

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о передаче винт-гайка, критериях работоспособности, материалах и допускаемых напряжениях;
- **знать** принцип работы, особенности рабочего процесса, причины выхода из строя, критерии работоспособности, геометрические и силовые соотношения в передачах, формулы для расчета на прочность;
- **уметь** применять формулы для расчетов.

Теоретические сведения

Во многих приводах машин и оборудования используется преобразование вращательного движения в поступательное. Это относится к таким распространенным приводам, как приводы подач станков и роботов, измерительных машин, сканирующих столиков, регулировки клапанов и задвижек и т. д. Требуемые линейные перемещения – от миллиметров до десятков метров, усилия – от единиц ньютонов до тысяч килоньютонов. Допуски на кинематические погрешности могут выражаться единицами микрометров, а требуемая разрешающая способность шагового привода ограничиваться сотыми долями микрометров.

Для преобразования вращательного движения в поступательное наиболее широко используются передачи винт-гайка (рис. 9).

Передачей винт-гайка называется механическая передача, состоящая из винта и гайки и предназначенная для преобразования вращательного движения в поступательное или наоборот.

Различают два типа передач винт-гайка:

- передачи трения скольжения или винтовые пары трения скольжения;
 - передачи трения качения или шариковинтовые пары.
- Ведущим элементом в передаче, как правило, является винт, ведомым – гайка. В передачах винт-гайка качения на винте и в гайке выполнены винтовые канавки (резьба) полукруглого профиля, служащие дорожками качения для шариков.

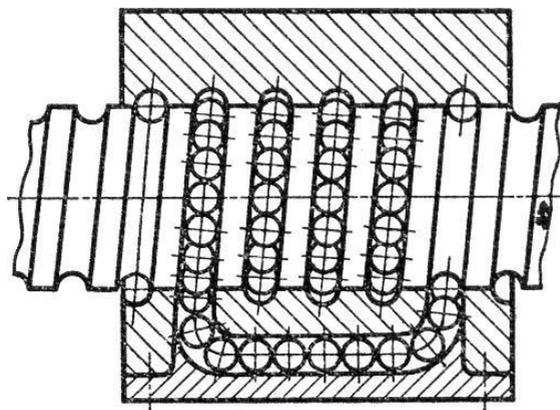


Рис. 9. Передача винт-гайка

ТЕМА 9 ВАЛЫ И ОСИ

В результате изучения темы студент должен:

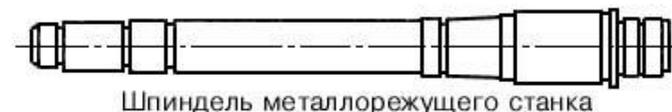
- **иметь** представление о назначении, классификации и элементах конструкции валов и осей; о материалах валов и осей;
- **знать** названия и назначения элементов конструкции валов и осей, марки применяемых материалов, причины выхода из строя и критерии работоспособности валов и осей;
- **уметь** проводить проектный и проверочный расчеты вала и оси.

Теоретические сведения

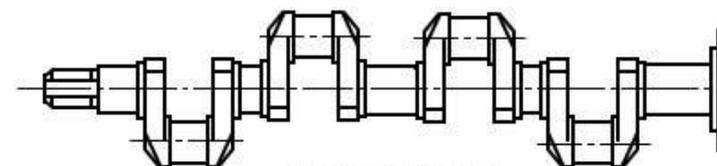
Многие вращающиеся детали машин (шкивы, звездочки, зубчатые колеса) устанавливаются на валах и осях (рис. 10).



Ступенчатый вал



Шпиндель металлорежущего станка



Коленчатый вал

Рис. 10. Валы

Вал – деталь машин, предназначенная для передачи крутящего момента вдоль своей осевой линии.

Достоинства:

- 1) простота;
- 2) компактность при высокой нагрузочной способности;
- 3) высокая надежность;
- 4) плавность и бесшумность;
- 5) большой выигрыш в силе;
- 6) возможность обеспечения медленных перемещений с большой точностью.

Недостатки:

- 1) повышенный износ резьбы (вследствие трения);
- 2) низкий КПД;
- 3) невозможность использовать при высоких скоростях.

Применение:

- 1) для создания больших сил (прессы, домкраты, тиски...);
- 2) для перемещения инструмента и механизмов станков;
- 3) для измерения и регулировки в различных устройствах.

При работе вал испытывает изгиб и кручение, а в остальных случаях растяжение и сжатие.

Ось – деталь машин и механизмов, служащая для поддержания вращающихся частей.

Ось не передает крутящего момента и работает только на изгиб.

Конструкция валов определяется деталями, которые на них размещаются, и расположением опор.

При конструировании валов и осей принимают во внимание технологию сборки и разборки, механическую обработку, расход материала и прочее.

В конструкции ступенчатого вала условно выделяют следующие элементы: концевые участки; участки перехода от одной ступени к другой; места посадки подшипников, уплотнений и деталей, передающих момент вращения. Каждый элемент имеет свое название (рис. 11).

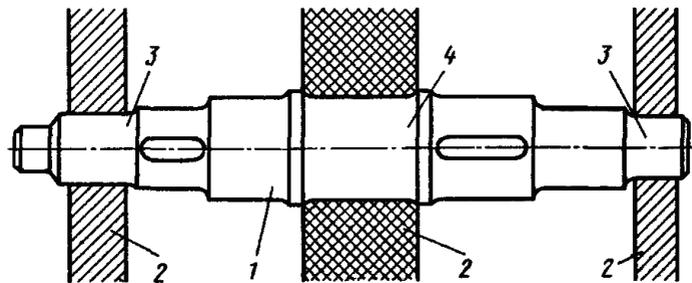


Рис. 11. Конструктивные элементы валов и осей:

3 – шип – это цапфа, расположенная на конце вала или оси и передающая преимущественно радиальную нагрузку;

4 – шейка – цапфа, расположенная в средней части вала или оси

Участки вала и оси, лежащие в опорах, называют цапфами. Они подразделяются на шипы, шейки, пяты.

Пята – цапфа, передающая осевую нагрузку. Опорами для пят служат подпятники (рис. 12).

Валы и оси классифицируют по признакам:

1. По форме продольной геометрической оси:

– прямые (продольная геометрическая ось – прямая ли-

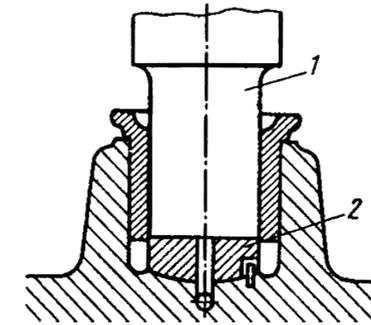


Рис. 12. Пята

ния), например, валы редукторов, валы коробок передач гусеничных и колесных машин;

– коленчатые (продольная геометрическая ось разделена на несколько отрезков, параллельных между собой, смещенных друг относительно друга в радиальном направлении), например, коленвал двигателя внутреннего сгорания;

– гибкие (продольная геометрическая ось является линией переменной кривизны, которая может меняться в процессе работы механизма или при монтажно-демонтажных мероприятиях), часто используются в приводе спидометра автомобилей.

2. По функциональному назначению:

– валы передач, они несут на себе элементы, передающие вращающий момент (зубчатые или червячные колеса, шкивы, звездочки, муфты и т. п.) и в большинстве своем снабжены концевыми частями, выступающими за габариты корпуса механизма;

– трансмиссионные валы предназначены, как правило, для распределения мощности одного источника к нескольким потребителям;

– коренные валы – валы, несущие на себе рабочие органы исполнительных механизмов (коренные валы станков, несущие на себе обрабатываемую деталь или инструмент, называют шпинделями).

3. Прямые валы по форме исполнения и наружной поверхности:

– гладкие валы имеют одинаковый диаметр по всей длине;

ТЕМА 10 ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ

- ступенчатые валы отличаются наличием участков, отличающихся друг от друга диаметрами;
- полые валы снабжены сквозным или глухим отверстием, соосным наружной поверхности вала и простирающимся на большую часть длины вала;
- шлицевые валы по внешней цилиндрической поверхности имеют продольные выступы – шлицы, равномерно расположенные по окружности и предназначенные для передачи моментной нагрузки от или к деталям, непосредственно участвующим в передаче вращающего момента;
- валы, совмещенные с элементами, непосредственно участвующими в передаче вращающего момента (вал-шестерня, вал-червяк).

Валы и оси изготавливают преимущественно из углеродистых и легированных сталей.

Тихоходные валы изготавливают из сталей 45, 40 X и других с термообработкой.

Быстроходные валы и ответственные оси – из сталей 20, 20 X, 12 ХНЗА и других с последующей цементацией и закалкой цапф.

Валы и оси обрабатывают на токарных станках с последующим шлифованием цапф и посадочных поверхностей.

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о достоинствах, недостатках, областях применения, конструкции, классификации и маркировке подшипников качения, об особенностях процесса работы подшипников качения, их разрушениях, критериях работоспособности;
- **знать** формулы для расчета эквивалентной динамической нагрузки и долговечности;
- **уметь** применять формулы для расчетов.

Теоретические сведения

Подшипники качения – это опоры вращающихся или качающихся деталей, использующие элементы качения (шарики или ролики) и работающие на основе трения качения (рис.13).



Рис. 13. Подшипники качения

Качество подшипников в значительной степени определяет надежность и долговечность машины.

Подшипники качения классифицируют по признакам:

1. По направлению действия воспринимаемой нагрузки:
 - радиальные;
 - упорные;
 - радиально-упорные;
 - упорно-радиальные.
2. По форме тел качения:
 - шариковые;
 - роликовые (могут быть с цилиндрическими короткими и длинными роликами, витыми, коническими, бочкообразными и игольчатыми роликами).
3. По числу рядов тел качения:
 - однорядные;
 - многорядные.
4. По способности самоустанавливаться:
 - самоустанавливающиеся (сферические);
 - несамоустанавливающиеся.
5. В зависимости от нагрузочной способности и габаритных размеров при одном и том же внутреннем диаметре подшипники разделяют на серии:
 - по радиальным размерам: сверхлегкие, особо легкие, легкие, средние и тяжелые серии;
 - по ширине: особо узкие, узкие, нормальные, широкие и особо широкие серии.

Достоинства:

- 1) малая стоимость;
- 2) незначительный нагрев и малые потери на трение;
- 3) высокая степень взаимозаменяемости;
- 4) малый расход смазочных материалов;
- 5) не требуют постоянного контроля.

Недостатки:

- 1) высокая чувствительность к ударным нагрузкам;
- 2) ухудшение работы при высоких скоростях;
- 3) большие радиальные размеры;
- 4) шум при высоких скоростях.

Маркировка.



I. Внутренние диаметры от 1 до 9 мм, выраженные целым числом, обозначаются цифрой, равной номинальному диаметру; внутренние диаметры 10, 12, 15, 17 мм – цифрами соответственно 00, 01, 02, 03; внутренние диаметры – от 20 до 495 мм, кратные 5 – двухзначными цифрами, полученными от давления номинального диаметра на 5; внутренние диаметры, равные 0,6; 1,5; 2,5; 22; 28; 32 мм, а также от 500 до 2000 мм – числом, равным номинальному диаметру, отделенным знаком дроби от остальных знаков основного условного обозначения, например 10079/560.

II. Серия подшипника (характеристика по наружному d):

- 1 – особо легкая;
- 2 – легкая;
- 3 – средняя;
- 4 – тяжелая;
- 5 – легкая широкая;
- 6 – средняя широкая.

III. Тип подшипника:

- 0 – радиальный шариковый однорядный;
- 1 – радиальный шариковый двухрядный сферический;
- 2 – радиальный (роликовый) с короткими цилиндрическими роликами;
- 3 – радиальный роликовый двухрядный сферический;
- 4 – игольчатый или роликовый с длинными цилиндрическими роликами (радиальный роликовый);
- 5 – роликовый с витыми роликами (радиальный);
- 6 – радиально-упорный шариковый;
- 7 – роликовый конический (радиально-упорный);
- 8 – упорный шариковый;
- 9 – упорный роликовый.

IV – характеризует конструктивные особенности (неразборный и др.).

V – серия ширин.

Цифры через тире характеризуют класс точности:

- 0 – нормальный;
- 2 – сверхвысокий;
- 4 – особо высокий;
- 5 – высокий;
- 6 – повышенный.

До введения ГОСТа обозначали буквами: ВП – особо повышенный, П – повышенный.

ТЕМА 11 ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

В качестве материала для изготовления тел качения и колец применяются высокопрочная шарикоподшипниковая хромистая сталь ШХ15 и другие с термообработкой и последующим шлифованием.

Твердость тел качения и колец HRC 61...66. Сепараторы штампуют из мягкой листовой стали.

Подвод смазки в подшипники осуществляется следующим образом: густые смазочные материалы подают в корпус подшипникового узла до заполнения 0,5 его свободного пространства. Смазку добавляют через каждые три месяца.

Жидкие смазочные материалы используют для подшипников с окружной скоростью вала свыше 8 м/с, причем уровень масла должен быть не выше центра нижнего тела качения.

В процессе работы подшипников качения могут наблюдаться следующие виды разрушений:

- 1) усталостное выкрашивание рабочих поверхностей тел качения и дорожек колец. Сопровождается стуком и вибрациями;
- 2) пластические деформации (вмятины) на дорожках качения вследствие действия ударных нагрузок;
- 3) задиры рабочих поверхностей (при недостаточном смазывании);
- 4) абразивный износ от попадания пыли;
- 5) разрушение сепараторов от действия центробежных сил;
- 6) раскалывание колец и тел качения из-за перекосов при монтаже или больших динамических нагрузках.

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о рабочем процессе подшипников скольжения, о причинах и видах разрушений, о критериях работоспособности;
- **знать** конструкции, материалы, КПД подшипников, способы смазывания, порядок расчета на износостойкость и теплостойкость;
- **уметь** применять формулы для расчетов.

Теоретические сведения

Подшипник скольжения – опора или направляющая механизма или машины, в которой трение происходит при скольжении сопряженных поверхностей.

Подшипники скольжения классифицируют по признакам (рис. 14):

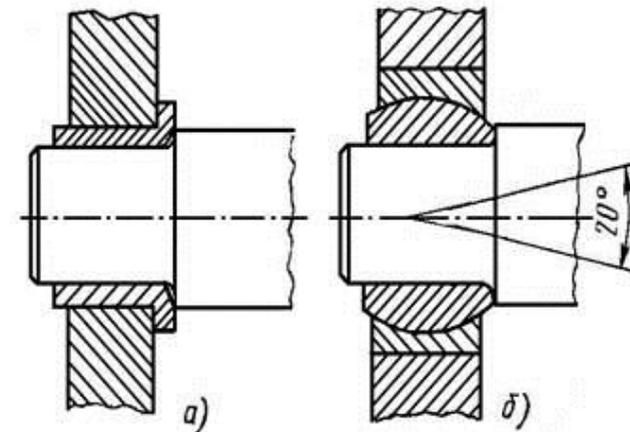


Рис. 14. Подшипники скольжения:
а) радиально-упорный; б) сферический

1. В зависимости от направления воспринимаемой нагрузки:

- радиальные – воспринимают радиальные нагрузки, перпендикулярные оси цапфы;
- упорные – воспринимают осевые нагрузки (подпятники);
- радиально-упорные.

2. В зависимости от конструктивных особенностей:

- неразъемные (глухие) – применяют при малой скорости скольжения с перерывами в работе (механизмы управления и др.);

- разъемные – облегчают монтаж валов.

- самоустанавливающиеся – при большой длине цапф.

Сферические наружные поверхности позволяют подшипнику самоустанавливаться и компенсировать перекосы вала, возникающие из-за неточности его установки.

Достоинства подшипников скольжения:

- 1) надежная работа при высоких скоростях;
- 2) стойкость при ударных и вибрационных нагрузках;
- 3) бесшумность;
- 4) малые радиальные размеры;
- 5) возможность установки в труднодоступных местах;
- 6) простота конструкции для тихоходных машин.

Недостатки:

- 1) необходимость постоянного контроля за режимом смазки;

- 2) большие осевые размеры;

- 3) низкий КПД;

- 4) большой расход смазки.

Применение:

- 1) для валов с ударными и вибрационными нагрузками (молоты, поршневые машины и др.);

- 2) для коленчатых валов;

- 3) для валов больших диаметров;

- 4) для высокоскоростных валов (центрифуги и др.);

- 5) при высоких требованиях к точности работы вала (шпиндели станков и др.);

- 6) при работе в воде и агрессивных средах.

Подшипники состоят из корпуса, вкладышей, смазывающих устройств.

Материалы вкладышей должны иметь достаточную износостойкость, низкий коэффициент трения и высокую теплопроводность.

Бронзовые вкладыши широко используют при средних скоростях и больших нагрузках.

Наилучшими антифрикционными свойствами обладают оловянные бронзы. Алюминиевые, свинцовые бронзы применяют в паре с закаленными цапфами.

Вкладыш с баббитовой заливкой применяют для ответственных подшипников при тяжелых и средних режимах работы (дизели, компрессоры и др.), лучшими являются высокооловянные баббиты.

В малоответственных тихоходных механизмах применяют антифрикционный чугун и др.

В последние годы большое распространение получили пористые подшипники, изготавливаемые прессованием и спеканием порошков меди, железа, графита и т. д.

Особенностью этих материалов является большая пористость, которая используется для предварительного насыщения горячим маслом. Вкладыши, пропитанные маслом, могут долго работать без подвода смазочного материала.

Самым лучшим неметаллическим материалом для подшипников скольжения является фторопласт.

ТЕМА 12 МЕХАНИЧЕСКИЕ МУФТЫ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о назначении, классификации и элементах конструкции валов и осей; о материалах валов и осей; о классификации муфт; об устройстве и принципе действия основных типов муфт и методике подбора стандартных и нормализованных муфт;
- **знать** назначение, конструкции муфт основных типов, оценку муфт и области их применения, принцип подбора стандартных и нормализованных муфт и порядок проверки на прочность основных элементов;
- **уметь** применять формулы для расчетов.

Теоретические сведения

Муфтами называются устройства, служащие для кинематической и силовой связи валов в приводах машин и механизмов. Муфты передают с одного вала на другой вращающий момент без изменения его величины и направления, а также компенсируют монтажные неточности и деформации геометрических осей валов, разъединяют и соединяют валы без остановки двигателя, предохраняют машину от поломок в аварийных режимах, в некоторых случаях поглощают толчки и вибрации, ограничивают частоту вращения и т. д. (рис. 15).

Многообразие требований, предъявляемых к муфтам, и различные условия их работы обусловили создание большого количества конструкций муфт, которые классифицируют по различным признакам:

1. По видам управления:
 - управляемые (цепные, автоматические);
 - неуправляемые (постоянно действующие).
2. По группам (механические):
 - жесткие (глухие) муфты (штулочные, фланцевые);
 - компенсирующие муфты (шарнирные муфты, зубчатые, цепные);

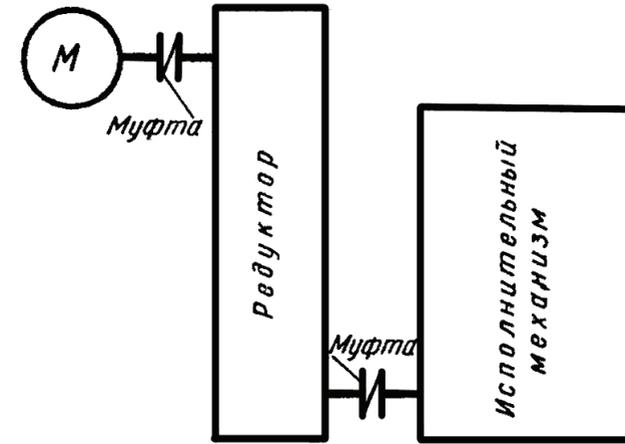


Рис. 15. Схема соединения валов с помощью муфт

- упругие муфты (муфты с торообразной оболочкой, втулочно-пальцевые, муфты со звездочкой);
- сцепные муфты (муфты кулачково-дисковые, кулачковые муфты, фрикционные, центробежные);
- самоуправляемые (автоматические) муфты (обгонные муфты, центробежные, предохранительные муфты);
- гидравлические (гидродинамические);
- электромагнитные и магнитные.

Устройство и принцип работы муфт

Глухие муфты соединяют соосные валы в одну жесткую линию. Наиболее распространенными глухими муфтами являются втулочные и фланцевые (рис. 16).

Втулочная муфта состоит из втулки 3, посаженной с помощью шпонок, штифтов, шлицев на выходные концы валов 1 и 2.

Втулочные муфты находят применение в тихоходных и неответственных конструкциях машин при диаметре валов $d \leq 70$ мм. Материал – сталь 45.

Фланцевая – состоит из двух полумуфт с фланцами, стянутыми болтами. Болты в муфты ставят с зазором и без зазора.

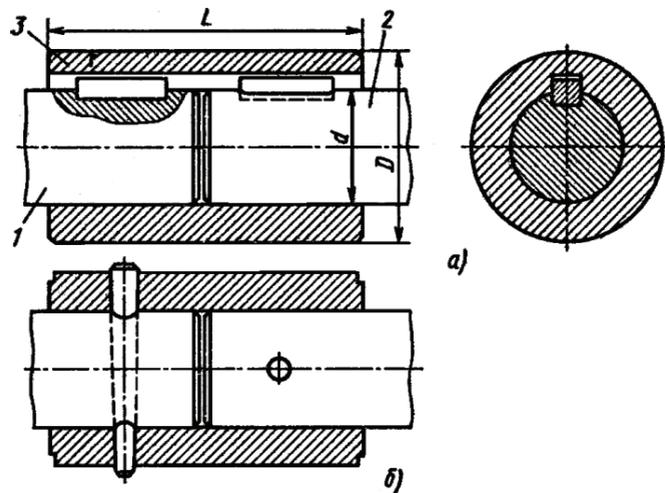


Рис. 16. Втулочная муфта:

а) крепление на шпонке; б) крепление штифтом

Могут передавать большие моменты, надежны в работе. Материал – сталь 40 или 35 Л.

Жесткие компенсирующие муфты предназначены для передачи вращающего момента и соединения валов с незначительными смещениями осей, обусловленными особенностями конструкции машин, неточностью изготовления и сборки, деформациями валов от эксплуатационных нагрузок, осадками фундамента и т. д. (рис. 17).

Компенсация смещений достигается за счет относительно перемещения деталей муфты. Основными видами жестких компенсирующих муфт являются зубчатые и цепные.

Зубчатая муфта состоит из двух полумуфт 1 и 2 с наружными зубьями, двух обойм 3 и 4 с внутренними зубьями, болта 5, отверстия для заливки масла 6 (один раз в три месяца). Обоймы соединены между собой болтами (рис. 18).

Компенсация за счет боковых зазоров в зацеплении и обточки зубьев втулок по сфере. Втулки и обоймы изготавливают из сталей 40 или 45 Л.

Упругие муфты используют в приводах главного движения, подачи и датчиков обратной связи. Упругие качества придают

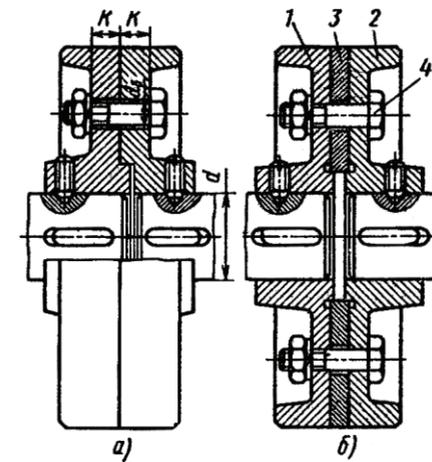


Рис. 17. Фланцевые муфты:

а) центровка за счет выступа; б) центровка кольцом

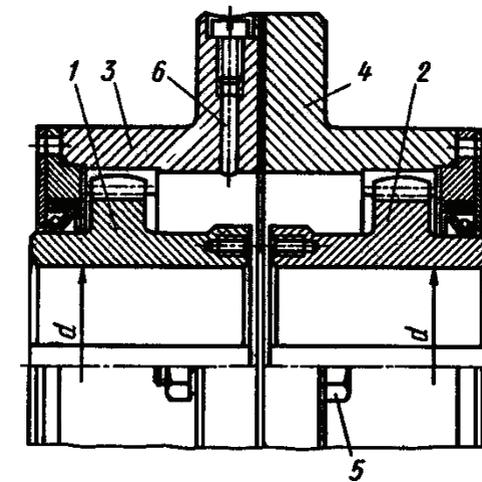


Рис. 18. Зубчатая муфта

муфтам для того, чтобы погасить крутильные колебания, возникающие в различных динамических режимах работы привода, и компенсировать неточности взаимного расположения двух номинально соосных валов. Основная часть этих муфт –

упругий элемент (металлический или неметаллический), смягчающий толчки и удары, защищающий от резонансных крутильных колебаний.

Муфта упругая втулочно-пальцевая (МУВП) состоит из двух полумуфт, в одной из которых в конических отверстиях закреплены соединительные пальцы с надетыми гофрированными резиновыми втулками (рис.19).

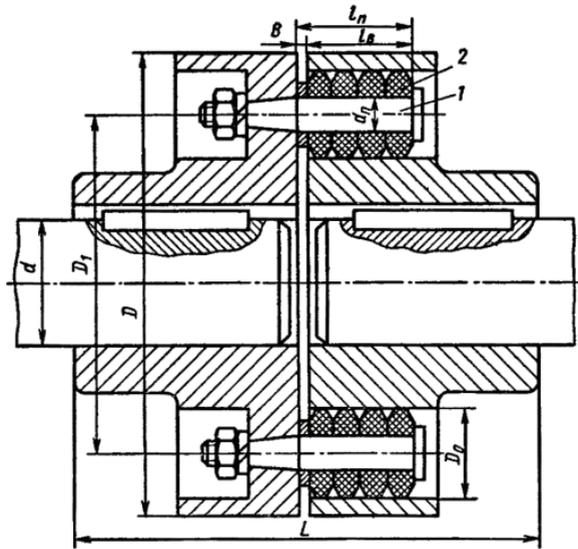


Рис. 19. Муфта упругая втулочно-пальцевая

Материал полумуфт – сталь 45, чугун СЧ20 или сталь 35. Материал пальцев – сталь 45. Муфта МУВП широко применяется при передаче малых и средних крутящих моментов, проста в изготовлении. Муфты подбирают по ГОСТ 2124-75 в диапазоне диаметров валов $d = 16 \dots 150$ мм.

Муфта упругая со звездочкой. Состоит из двух полумуфт с торцовыми кулачками и резиновой звездочкой, зубья которой расположены между кулачками. Муфта компактна и надежна, применяется для соединений быстроходных валов (рис. 20).

Подбираются по ГОСТ 14084-76 для диаметров валов $d = 12 \dots 45$ мм.

Сцепные (управляемые) служат для быстрого соединения

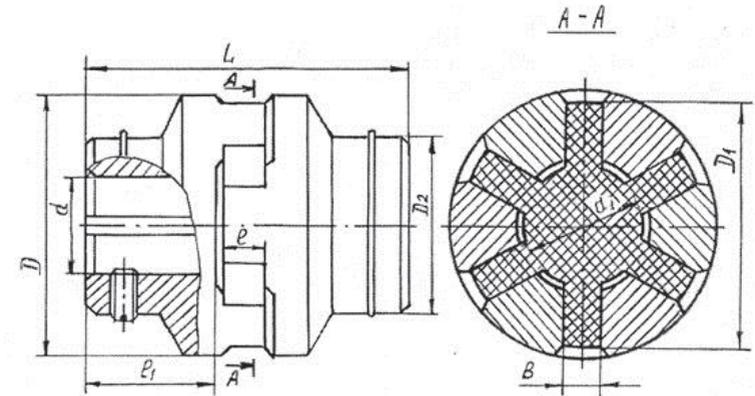


Рис. 20. Муфта упругая со звездочкой

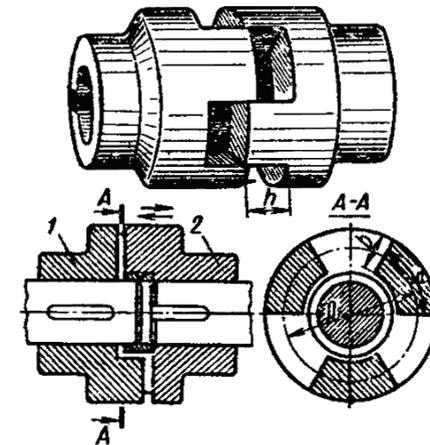


Рис. 21. Муфта кулачковая

и разъединения валов при работающей машине. По принципу работы делятся на кулачковые и фрикционные.

Кулачковые – состоят из двух полумуфт с кулачками на торцевых поверхностях (рис. 21).

Для переключения муфты одна полумуфта передвигается вдоль вала на направляющей шпонке или шлицах с помощью механизма управления муфтой.

При включении кулачки одной полумуфты входят во впадины другой, создавая жесткое сцепление.

Материал полумуфт – сталь 20Х или 20ХН с цементацией и закалкой рабочих поверхностей кулачков до твердости HRC 54...60.

Фрикционные служат для плавного сцепления валов под нагрузкой на ходу при любых скоростях. Передача крутящего момента осуществляется силами трения между трущимися поверхностями деталей муфты (рис. 22).

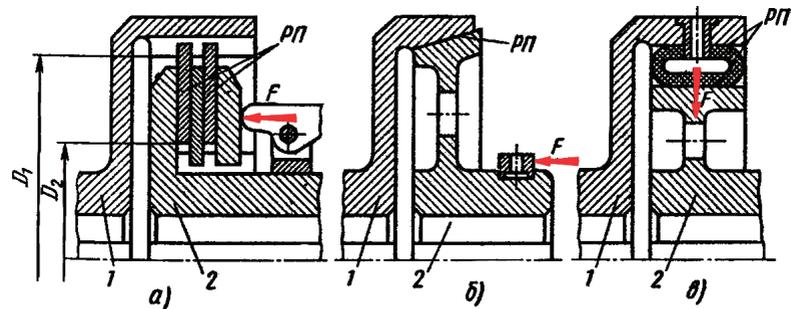


Рис. 22. Фрикционные муфты:
а) дисковая; б) конусная; в) цилиндрическая

В момент перегрузок фрикционные муфты пробуксовывают, предохраняя машину от поломок. По форме поверхности трения фрикционные муфты делятся на дисковые (а), конусные (б) и цилиндрические (в).

Самоуправляемые муфты – для автоматического сцепления и расцепления валов при изменении заданного режима работы машины. Бывают обгонные предохранительные и центробежные (по угловой скорости).

Обгонные муфты – для передачи крутящего момента в одном направлении (рис. 23).

При передаче крутящего момента ролики заклиниваются между полумуфтами в суживающейся части выреза, образуя жесткое сцепление. Если же угловая скорость ведомого вала превышает угловую скорость ведущего, то ролики расклиниваются и уходят в расширенную часть выреза, и муфта автоматически выключается (велосипед катится при неподвижных педалях). Материал – сталь ШХ15 или 20Х.

Предохранительные муфты предназначены для предохра-

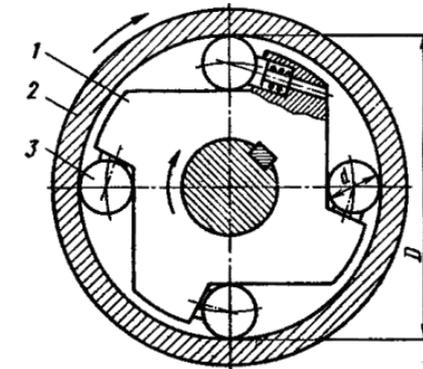


Рис. 23. Роликовая муфта свободного хода

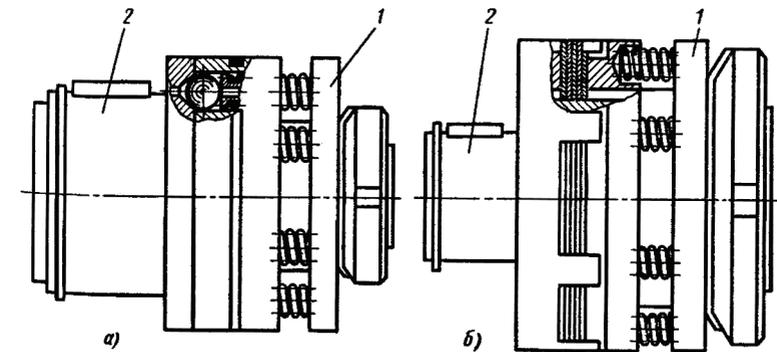


Рис. 24. Предохранительные муфты:
а) шариковая; б) фрикционная

нения машин от перегрузок (крутящий момент). Основная сфера применения предохранительных муфт – это:

- машины и оборудование ударного действия;
- механизмы и оборудование, работающее с неоднородной средой;
- автоматические машины и оборудование;
- в отдельных цепях кинематической схемы, передающих малую часть мощности двигателя привода, например в приводах подачи металлорежущих станков.

Наиболее распространенными являются фрикционные (б) и шариковые, кулачковые муфты (а) (рис. 24).

ТЕМА 13 НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о видах сварки, сварных соединений, их достоинствах и недостатках;
- **знать** основные типы заклепочных соединений, основные достоинства и недостатки заклепочных соединений по сравнению со сварными, основные типы сварных соединений и сварных швов, расчет на прочность при осевом нагружении соединяемых деталей;
- **уметь** рассчитывать заклепочный шов на прочность, проводить проверочные расчеты сварных соединений.

Теоретические сведения

В процессе изготовления машин некоторые их детали соединяют между собой, при этом образуются неразъемные или разъемные соединения.

Неразъемными называют соединения, которые невозможно разобрать без нарушения или повреждения деталей. К ним относятся заклепочные, сварные, клеевые соединения, соединения, полученные пайкой, а также условно посадки с натягом.

1. Сварные соединения образуются путем местного нагрева деталей в зоне сварки. Наибольшее распространение получили электрические виды, основными из которых являются дуговая и контактная сварка (рис. 25).

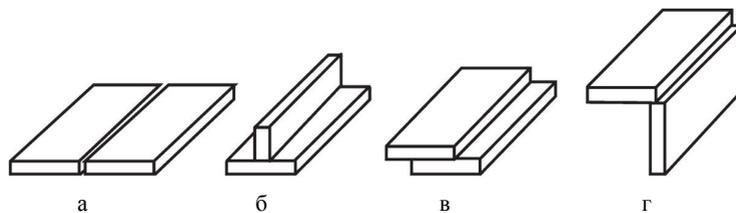


Рис. 25. Типы сварных соединений:
а) стыковое; б) тавровое; в) внахлест; г) угловое

2. Соединения пайкой. Пайкой называют процесс соединения металлических или металлизированных деталей с помощью дополнительного связующего материала – припоя, температура плавления которого ниже температуры плавления материала соединяемых деталей (рис. 26).

В расплавленном состоянии припой смачивает поверхности соединяемых деталей. Соединение происходит путем межатомного сцепления, растворения и диффузии материала деталей и припоя. В отличие от сварки пайка сохраняет неизменной структуру, механические свойства и состав материала деталей, вызывает значительно меньшие остаточные напряжения. Прочность паяного соединения определяется прочностью припоя и сцепления припоя с поверхностями соединяемых деталей.

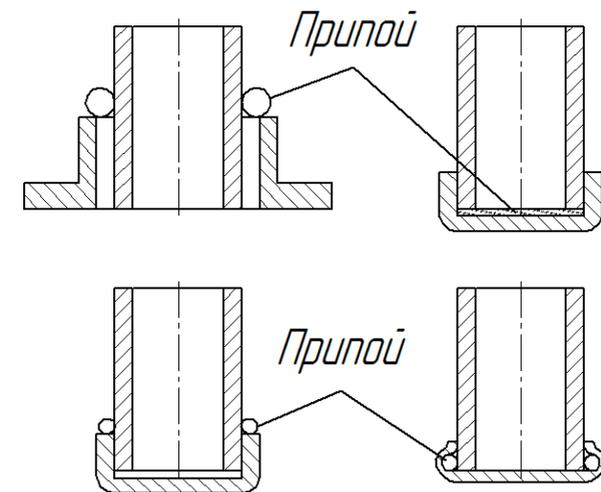


Рис. 26. Паяное соединение

3. Заклепочные (клепаные) соединения выполняют с помощью специальных крепежных деталей – заклепок или непосредственным расклепыванием цапф деталей. Заклепка представляет собой цилиндрический стержень с двумя головками, одна из которых, называемая закладной, выполнена заранее, а вторая, замыкающая, получается в процессе сборки под ударами

инструмента. Соединяемые детали при этом сильно сжимаются. Форма и размеры заклепок стандартизированы (рис. 27).

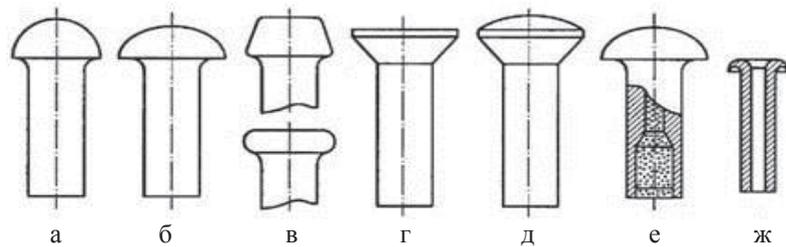


Рис. 27. Типы заклепок:

а, б – с полукруглой головкой; в – с цилиндрической головкой; г – с потайной головкой; д – с полупотайной головкой; е – взрывная; ж – трубчатая

4. Склеиванием называют соединение деталей тонким слоем быстротвердеющего раствора – клея (рис. 28).

Процесс склеивания состоит из подготовки соединяемых поверхностей деталей, нанесения клея, соединения деталей и выдержки при определенных давлении и температуре.

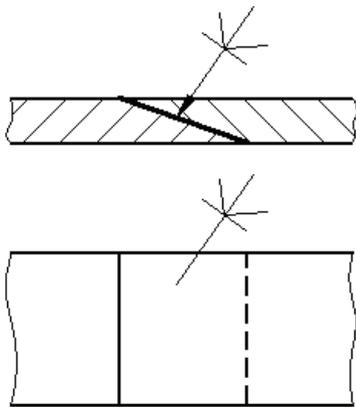


Рис. 28. Клеевое соединение

Клеевые соединения применяют для скрепления деталей из различных металлических и неметаллических (стекло, керамика, пластмасса) материалов в любом их сочетании. К клеевым соединениям не предъявляют требований высокой прочности, но они должны хорошо сопротивляться

вибрациям, воздействию влаги, колебаниям температур.

Клеевые соединения улучшают герметизацию, снижают стоимость изделия и позволяют проще решать задачи миниатюризации конструкций.

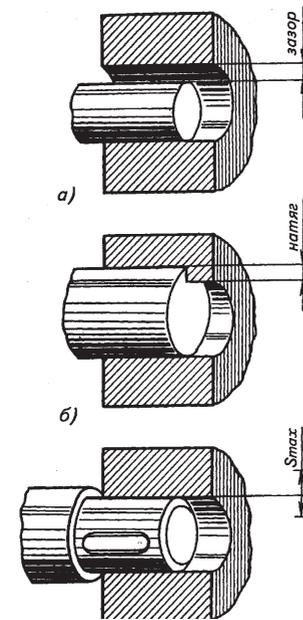


Рис. 29. Типы соединений с натягом:
а) с зазором; б) с натягом; в) переходная

5. Соединения с натягом осуществляются подбором соответствующих посадок, в которых натяг создается необходимой разностью посадочных размеров насаживаемых одна на другую деталей. Взаимная неподвижность соединяемых деталей обеспечивается силами трения, возникающими на поверхности контакта деталей.

Соединения деталей с натягом условно относят к неразъемным соединениям, хотя особенно при закаленных поверхностях они допускают разборку и новую сборку деталей. Для этого используют механическое сопряжение, тепловые посадки, охлаждение охватываемой детали.

ТЕМА 14 РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

В результате изучения темы студент должен:

- **иметь** представление о стандартных крепежных изделиях и видах резьбовых соединений; о типах шпоночных соединений и сравнительной оценке шпоночных и шлицевых соединений;
- **знать** типы резьбовых соединений, стандартные крепежные детали, их сравнительную оценку и области применения, основы расчета на прочность болтов при постоянной нагрузке, формулы для проверочного расчета болтов, способы разгрузки болтов, стоящих с зазором, от поперечной силы;
- **уметь** выполнять расчеты, подбирать элементы соединений деталей по справочнику.

Теоретические сведения

Разъемными называют соединения, разборка которых происходит без нарушения целостности составных частей изделия. Разъемные соединения могут быть как подвижными, так и неподвижными. Наиболее распространенными видами разъемных соединений являются: резьбовые, шпоночные, шлицевые, клиновые, штифтовые и профильные.

1. Резьбовыми называют соединения составных частей изделия с применением деталей, имеющих резьбу. Они наиболее распространены в приборо- и машиностроении. Резьбовые соединения бывают двух типов: соединения с помощью специальных резьбовых крепежных деталей (болтов, винтов, шпилек, гаек) и соединения свинчиванием соединяемых деталей, то есть резьбы, нанесенной непосредственно на соединяемые детали (рис. 30).

2. Штифтовые соединения. Штифтом называют цилиндрический или конический стержень, плотно вставляемый в отверстие двух соединяемых деталей. Применяют штифты для точного взаимного фиксирования деталей и для соединения деталей, передающих небольшие нагрузки (рис. 31).

3. Шпоночные соединения служат для передачи вращаю-

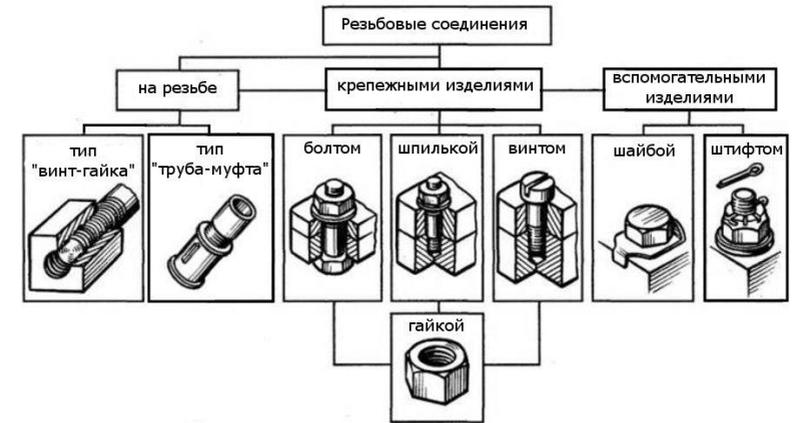


Рис. 30. Виды резьбовых соединений

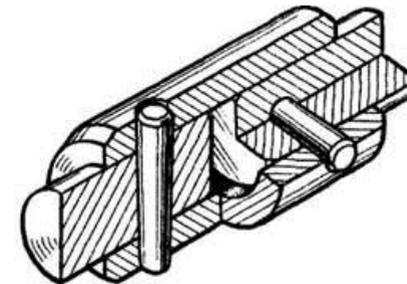


Рис. 31. Соединение штифтом

щего (крутящего) момента от вала к ступице насаженной на него детали (зубчатого колеса, шкива, муфты и др.) или наоборот – от ступицы к валу. Шпонки могут применять в качестве направляющих, обеспечивающих легкое перемещение деталей вдоль вала.

Шпоночные соединения осуществляют с помощью вспомогательных деталей – шпонок, устанавливаемых в пазах между валом и ступицей (рис. 32).

4. Шлицевые соединения служат для передачи вращающего момента между валами и установленными на них деталями (рис. 33).

Шлицевое соединение можно условно представить как

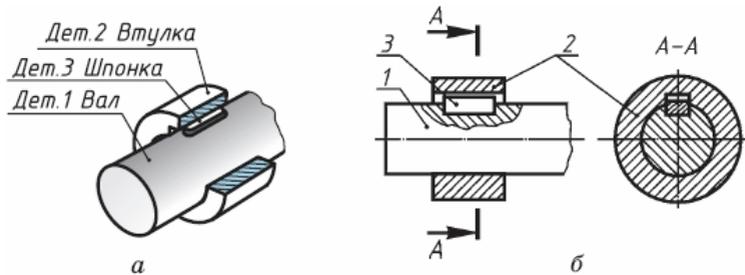


Рис. 32. Шпоночное соединение

многшпоночное, шпонки которого выполнены вместе с валом. С помощью этого соединения можно обеспечить как подвижное (с осевым относительным перемещением), так и неподвижное скрепление деталей.

По сравнению со шпоночными шлицевые соединения имеют значительно большую нагрузочную способность, прочность валов, точность центрирования и направления ступиц в подвижных соединениях.

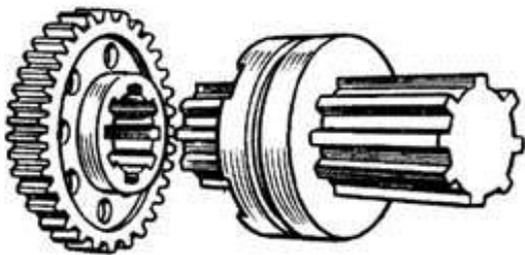


Рис. 33. Шлицевое соединение

5. Профильным называется соединение, у которого сопрягаемые поверхности составных частей изделия имеют форму определенного профиля. Наиболее распространенным примером такого соединения является посадка ручек или маховиков на оси и валы с концами квадратного сечения (а). Более совершенны профильные соединения с овальным контуром, которые могут быть цилиндрическими (б) или коническими (в); последние применяют при передаче не толь-

ко вращающего момента, но и осевой нагрузки (рис. 34).

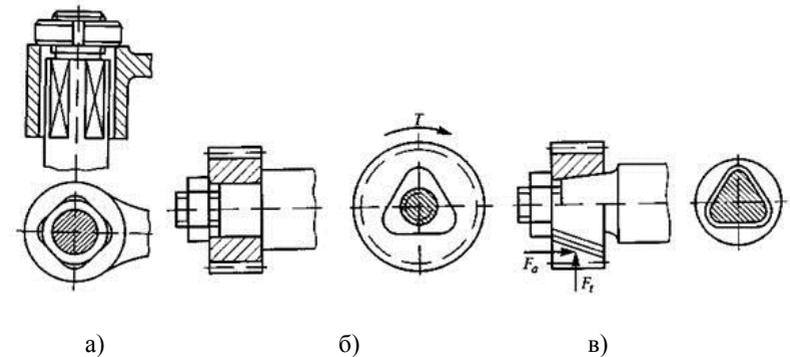


Рис. 34. Профильные соединения:
а) с квадратным сечением; б) с цилиндрическим;
в) с коническим

Достоинства профильных соединений по сравнению со шпоночными и шлицевыми следующие: в соединениях с овальным контуром практически отсутствует концентрация напряжений, обеспечивается лучшее центрирование деталей; отсутствие резких переходов в форме сечения снижает опасность появления трещин при термообработке.

Недостатками профильных соединений по сравнению со шлицевыми являются возникновение действующих на ступицу распорных сил и значительно большие напряжения смятия, в результате чего нагрузочная способность профильных соединений меньше, чем шлицевых.

ВОПРОСЫ И ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

ТЕМА 1. Механические передачи

1. Чем вызвана необходимость введения передачи как промежуточного звена между двигателем и рабочими органами машины?

2. Какие функции могут выполнять механические передачи?

3. Мощность механической передачи определяется по формуле:

4. КПД механической передачи определяется по формуле:

5. Механическая передача является повышающей и называется мультипликатором при:

6. Механическая передача является понижающей и называется редуктором при:

7. Коэффициент полезного действия (КПД) механического привода определяется по формуле:

8. Наиболее высокий КПД имеет _____ передача.

9. Больше передаточное отношение имеет _____ передача.

10. Передаточное отношение механической передачи определяют по формуле:

11. Для изображенной на рисунке 35 передачи определить момент на ведомом валу, если $P_1 = 6$ кВт, $\omega_1 = 237$ рад/с, $\omega_2 = 52,9$ рад/с, $\eta = 0,98$:

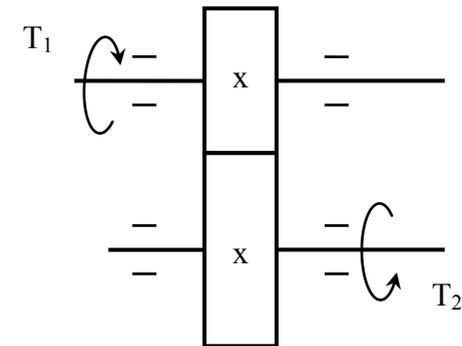


Рис. 35

ТЕМА 2 ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

1. Достоинства фрикционных передач:

2. Недостатки фрикционных передач:

3. Классификация передач:

4. Формулы проектного расчета:

контактное напряжение _____
межосевое расстояние _____
размеры катков _____

5. Формулы проверочного расчета:

контактное напряжение _____
межосевое расстояние _____
размеры катков _____

6. Почему ведомый каток рекомендуют изготавливать из более износостойкого материала?

7. Назовите основные геометрические параметры фрикционной передачи:

8. Почему КПД в закрытых фрикционных передачах больше, чем в открытых?

9. Чем обусловлено скольжение в закрытой фрикционной передаче?

10. Что является основным критерием работоспособности фрикционных передач?

11. Определите частоту вращения ведомого вала фрикционной передачи, если $n_1 = 2000$ об/мин, $D_1 = 200$ мм, $D_2 = 400$ мм (скольжением пренебречь).

ТЕМА 3 РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

1. Достоинства ременных передач:

2. Недостатки ременных передач:

3. Классификация передач:

4. Приведите примеры применения плоскоремных передач:

5. Какие требования предъявляют к материалам приводных ремней?

6. Каковы основные геометрические параметры ременной передачи?

7. Формулы проектного расчета:

окружная скорость _____
передаточное отношение _____
длина ремня _____
межосевое расстояние _____

8. Формулы проверочного расчета:

окружная скорость _____
передаточное отношение _____
длина ремня _____
межосевое расстояние _____

9. Дайте определение для угла α в ременных передачах:

10. В чем заключается усталостное разрушение ремня?

11. Определить приведенное полезное напряжение для ремня, используя кривую скольжения, КПД и оптимальный коэффициент тяги, если напряжение от предварительного натяжения ремня 3,2 Мпа (рис. 36).

12. Ведущий вал ременной передачи имеет частоту вращения n_1 . Пренебрегая проскальзыванием ремня, определить угловую скорость ω_2 ведомого вала, если известны диаметры D_1 и D_2 шкивов.

Дано: $n_1 = 225 \text{ мин}^{-1}$, $D_1 = 80 \text{ мм}$, $D_2 = 400 \text{ мм}$ (принять $\pi/30 \approx 0,1$).

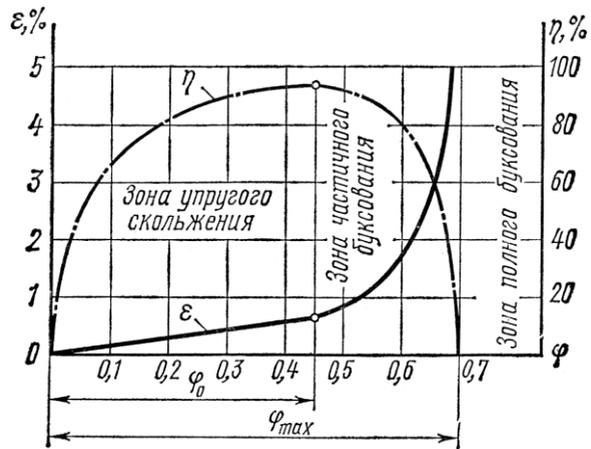


Рис. 36

ТЕМА 4 ЗУБЧАТЫЕ ПЕРЕДАЧИ

1. Достоинства цилиндрических передач:

2. Недостатки шевронных передач:

3. Основы теории зацепления:

4. Формулы передаточного отношения:

5. Геометрические параметры зубчатых колес:

6. Назовите основные характеристики цилиндрической передачи:

7. Чем отличается редуктор от мультипликатора?

8. Как осуществляется ступенчатое регулирование передаточного отношения?

9. Какова основная причина выхода из строя зубчатых передач, работающих в масле, открытых зубчатых передач?

10. С какими напряжениями при работе передачи связана поломка зубьев?

11. Какова основная причина, ограничивающая использование шевронных передач?

12. Какие параметры косозубой передачи стандартизованы?

13. Какова основная причина ограничения величины угла

наклона зуба в цилиндрической косозубой передаче?

14. Запишите формулу для проверки цилиндрической зубчатой передачи на изгиб:

15. Запишите формулу для проверки косозубой цилиндрической передачи на контактную прочность:

16. Определить диаметр вершин зубьев d_o прямозубого цилиндрического колеса без смещения, если число его зубьев z , а модуль зацепления m .

Дано: $z = 48, m = 4,5 \text{ мм}$.

ТЕМА 5 ЧЕРВЯЧНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

1. Достоинства червячных передач:

2. Недостатки червячных передач:

3. Назовите основной геометрический параметр червячных передач:

4. Приведите примеры применения червячных передач:

5. Передачи с каким червяком являются наиболее распространенными?

6. Какой профиль зуба имеет червячное колесо цилиндрического архимедова червяка в главном сечении?

7. Формулы проектного расчета:

модуль _____
делительный диаметр _____
диаметр вершин червяка _____
диаметр впадин червяка _____

8. Формулы проверочного расчета:

модуль _____
делительный диаметр _____
диаметр вершин червяка _____
диаметр впадин червяка _____

9. Каким следует назначить число заходов червяка и число зубьев колеса, чтобы получить передаточное отношение червячной передачи – 18?

10. Рассчитать диаметр вершин витков червяка, если $m = 3,15$ мм, $Z_1 = 2$, $q = 12,5$.

11. Определить коэффициент диаметра червяка, если число заходов червяка 4, угол подъема винтовой линии червяка – 14° .

12. Определите делительный диаметр червяка, если $d_2 = 150$ мм, $z_1 = 4$, $z_2 = 30$, $q = 10$.

**ТЕМА 6
ПЛАНЕТАРНЫЕ ПЕРЕДАЧИ**

1. Достоинства планетарных передач:

2. Недостатки планетарных передач:

3. Приведите примеры возможного применения планетарных передач:

4. Объясните принцип работы конического дифференциала:

5. Формулы проектного расчета:

6. Как будет называться механизм, если освободить неподвижное колесо и сообщить ему дополнительное вращение?

7. Какие профили зубьев применимы для планетарной зубчатой передачи?

8. Какие опоры планетарных передач нагружены больше всего и почему?

9. С какой целью применяется самоустановка колес планетарной передачи?

10. Силы в зацеплении планетарной передачи и особенности расчета на прочность:

ТЕМА 7 ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

1. Достоинства цепных передач:

2. Недостатки цепных передач:

3. Классификация передач:

4. Формулы проектного расчета:

скорость цепи _____
передаточное отношение _____
длина цепи _____
межосевое расстояние _____

5. Формулы проверочного расчета:

скорость цепи _____
передаточное отношение _____
длина цепи _____
межосевое расстояние _____

6. Имеет ли угол обхвата цепи решающее значение? Почему?

7. Почему в велосипеде применяется цепная передача? Какую другую передачу можно применить для этой цели?

8. Какие профили у зубьев звездочек для втулочной, роликовой и зубчатой цепи?

9. Какая причина выхода из строя цепной передачи наиболее характерна?

10. Где применяются цепные передачи?

11. Почему при высоких скоростях рекомендуют применять цепи с малым шагом?

ТЕМА 8
ПЕРЕДАЧА ВИНТ-ГАЙКА

12. Ведомый вал цепной передачи имеет угловую скорость ω_2 . Определить частоту вращения n_1 ведущего вала, если известны числа зубьев z_1 и z_2 звездочек.

Дано: $\omega_2 = 20$ рад/с, $z_1 = 25$, $z_2 = 75$ (принять $30/\pi \approx 10$).

1. Достоинства передачи винт-гайка:

2. Недостатки передачи:

3. Назовите наиболее характерную причину выхода из строя цепной передачи:

4. Формулы проектного расчета:

момент сил _____

КПД _____

угол подъема винтовой линии _____

5. Формулы проверочного расчета:

момент сил _____

КПД _____

угол подъема винтовой линии _____

6. Какую резьбу имеют винты силовых передач при реверсивной нагрузке?

7. Из каких металлов изготавливаются винты и гайки передачи?

8. В каком случае и как рассчитывают винт на устойчивость?

9. Каковы основные виды отказов шариковинтовой передачи? Как определить ресурс передачи?

10. Как определить момент, необходимый для вращения винта?

11. Каковы основные критерии работоспособности шариковинтовой передачи?

12. Определить передаточное число для передачи винт-гайка, если радиус маховичка винта $R = 240$ мм, число заходов – 3.

ТЕМА 9 ВАЛЫ И ОСИ

1. Чем отличается ось от вала?

2. Как называется опорная часть вала или оси?

3. Каковы причины поломок валов и осей?

4. По каким напряжениям выполняют проектный расчет вала и почему при этом уменьшают допускаемые напряжения?

5. Формулы проектного расчета:

диаметр _____

напряжение изгиба _____

суммарный изгибающий момент _____

эквивалентный момент _____

6. Формулы проверочного расчета:

расчетное напряжение на кручение _____

эквивалентное напряжение _____

7. Какой динамический характер имеют напряжения изгиба в валах и осях?

8. Почему вал рассчитывают на сопротивление усталости даже при постоянной нагрузке?

9. Какие факторы учитывают при определении запаса сопротивления усталости вала и по каким напряжениям его рассчитывают?

10. Зачем нужна проверка статической прочности вала и по каким напряжениям ее выполняют?

11. Сформулируйте основное условие изгибной жесткости валов (осей):

12. Рассчитать ведущий вал цилиндрического редуктора с косозубыми колесами.

Дано: делительный диаметр шестерни $d_1 = 100$ мм, $b = 50$ мм,

$c = 90$ мм, радиальная сила $F_r = 960$ Н, осевая сила $F_a = 370$ Н, вращающий момент на валу $T = 131$ Н·м:

**ТЕМА 10
ПОДШИПНИКИ КАЧЕНИЯ**

1. Что считается критерием работоспособности подшипников качения?

2. В чем заключается принцип конструкции подшипников качения?

3. Какие тела качения применяются в подшипниках?

4. Для чего в подшипниках качения устанавливают сепаратор?

5. Каковы достоинства и недостатки подшипников качения?

6. Из каких сталей изготавливают кольца и тела качения подшипников?

7. Что учитывается коэффициентом безопасности при расчете подшипников качения?

8. Формулы проектного расчета:
величина динамической грузоподъемности _____
эквивалентная динамическая нагрузка _____
долговечность _____

9. Формулы проверочного расчета:
величина динамической грузоподъемности _____
эквивалентная динамическая нагрузка _____
долговечность _____

10. Каковы причины поломок и критерии расчета подшипников качения?

11. Что такое долговечность подшипника?

ТЕМА 11
ПОДШИПНИКИ СКОЛЬЖЕНИЯ

12. Дать расшифровку обозначений подшипников 6 – 210; 38303; 208.

1. Сравнить достоинства и недостатки подшипников скольжения и подшипников качения:

2. Объясните конструктивные различия подшипников трения и подшипников скольжения:

3. Основные причины выхода из строя подшипников скольжения:

4. Какой режим смазки не зависит от частоты вращения вала?

5. Укажите основные причины заедания поверхностей подшипников скольжения:

**ТЕМА 12
МЕХАНИЧЕСКИЕ МУФТЫ**

6. Из каких материалов изготавливают вкладыши и каково их назначение?

7. Формулы проектного расчета:
величина динамической грузоподъемности _____
эквивалентная динамическая нагрузка _____
долговечность _____

8. Формулы проверочного расчета:
величина динамической грузоподъемности _____
эквивалентная динамическая нагрузка _____
долговечность _____

9. Назовите основные виды разрушения подшипников скольжения:

10. Запишите условия, которые гарантируют износостойкость и необходимый тепловой режим подшипников скольжения:

1. Достоинства муфт:

2. Недостатки муфт:

3. Каково назначение муфт?

4. Формулы проектного расчета:
момент трения _____
осевая сила _____

5. Формулы проверочного расчета:
давление на рабочей поверхности муфты _____

6. Передают ли жесткие и упругие муфты вибрации, толчки и удары?

**ТЕМА 13
НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ**

7. Какой главный недостаток у втулочных муфт?

8. В какой области широко распространено использование шарнирных муфт?

9. Определить диаметр d_w срезного штифта предохранительной муфты, если передаваемый вращающий момент $T = 90 \text{ Н} \cdot \text{м}$, число штифтов – один, его материал – сталь 45 с пределом прочности при сдвиге $\tau_b = 390 \text{ МПа}$. Расстояние от оси вала до оси штифта $r = 30 \text{ мм}$. Муфта работает при переменной нагрузке:

1. Достоинства соединений:
заклепочное

сварное

клеевое

прессовое

2. Недостатки соединений:
заклепочное

сварное

клеевое

прессовое

3. Формулы проверочного расчета:
(заклепочное соединение)
прочность заклепок на срез _____
прочность соединения на смятие _____
прочность соединяемых деталей на срез _____

(сварное)
напряжение металла шва _____

(клеевое)
напряжение на сдвиг _____
напряжение на отрыв _____

(прессовое)
минимальное контактное давление _____
расчетный натяг _____
предельный натяг _____

4. Приведите примеры использования заклепочных соединений:

5. Какие требования предъявляются к материалам заклепок?

6. Какие различают заклепки по назначению и по форме их головок?

7. Можно ли надежно склеить такие материалы: сталь – сталь, сталь – алюминий, сталь – мрамор?

8. Какие факторы влияют на прочность сварных соединений?

9. Почему потолочный шов при всех прочих равных условиях имеет меньшую прочность?

10. Какие факторы влияют на прочность сварных соединений?

11. Из расчета заклепок на срез определить диаметр d_0 поставленной заклепки, если известна нагрузка F , число z заклепок и допускаемое напряжение $[\tau_\phi]$.
Дано: $F = 80 \text{ кН}$, $z = 10$, $[\tau_\phi] = 140 \text{ МПа}$.

12. Определить напряжение среза τ'_p в лобовом шве сварного соединения, если задана сила F , длина L шва и его катет K .
Дано: $F = 16 \text{ кН}$, $L = 80 \text{ мм}$, $K = 7 \text{ мм}$.

ТЕМА 14 РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ

1. Достоинства соединений:
резьбовое

шпоночное

шлицевое

2. Недостатки соединений:
резьбовое

шпоночное

шлицевое

3. Классификация соединений:
резьбовое

шпоночное

шлицевое

4. Формулы проектного расчета:
(резьбовое)

угол подъема резьбы _____

момент завинчивания _____

сила трения _____

момент сил _____

(шпоночное)

напряжение среза _____

напряжение на смятие _____

(шлицевое)

напряжение на смятие _____

расчет на износ _____

5. Какие материалы применяют для изготовления шпонок?

6. На что проверяют по условию прочности шлицевые соединения?

7. Приведите примеры применения шлицевых соединений?

8. По каким признакам классифицируются резьбы?

9. Какие разновидности шпоночных соединений применяются?

10. Как производится расчет штифтовых соединений на срез и на смятие?

11. Определите нормальную глубину ввинчивания стальной ($\sigma_B = 450$ МПа) шпильки с резьбой М20 (материал детали – чугун):

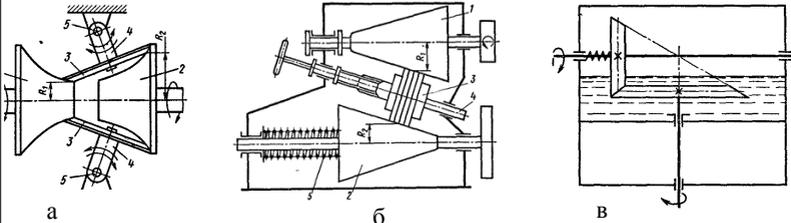
12. Проверьте на срез шпонку с размерами $b \times h \times l_p = 10 \times 8 \times 45$. Соединение передает момент $M = 200$ Н·м. Материал вала и ступицы – сталь 45, диаметр вала $d = 30$ мм.

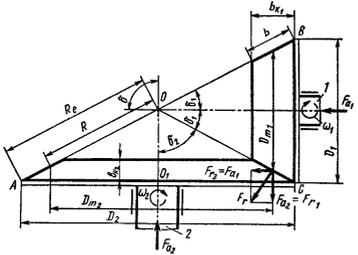
**ТЕСТОВЫЕ ВОПРОСЫ ПО ТЕМАМ РАЗДЕЛА
«ДЕТАЛИ МАШИН»**

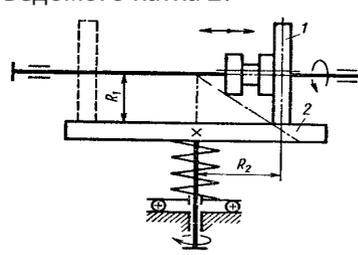
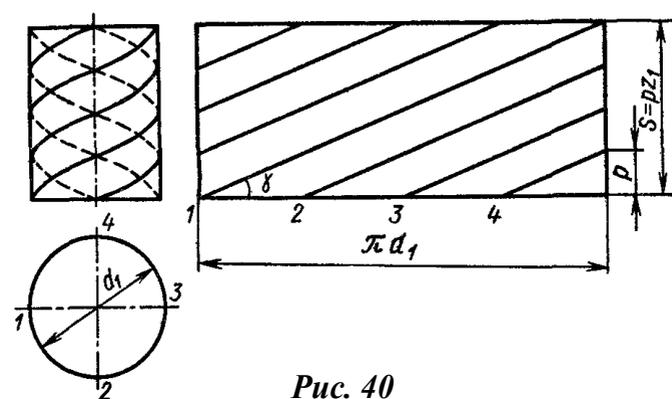
Вариант 1

Вопрос	Ответ	Код
1. Укажите детали машин общего назначения	Ротор	1
	Поршень	2
	Патрон токарного станка	3
	Клапан	4
	Детали общего назначения не перечислены	5
2. Из перечисленных деталей назовите детали, которые относятся к группе детали-соединения	Муфты	1
	Шпонки	2
	Подшипники	3
	Валы	4
3. Что понимают под прочностью детали?	Способность детали сохранять необходимые размеры трущихся поверхностей в течение заданного срока службы.	1
	Способность детали сопротивляться изменению формы под действием нагрузок.	2
	Способность детали воспринимать приложенные нагрузки без разрушения или возникновения пластических деформаций	3
4. Как называется расчет,	Проектный расчет	1

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
определяющий фактические характеристики (параметры) детали?	Проверочный расчет	2
5. Покажите на рисунке 37 коническую фрикционную передачу	Рис. 37 а Рис. 37 б Рис. 37 в На рисунках нет данной передачи	1 2 3 4
 <p>Рис. 37</p>		
6. Может ли нормально работать коническая фрикционная передача, если оба катка установить на неподвижных опорах?	Может Не может	1 2
7. Где фрикционная клинчатая передача применяется чаще по сравнению с фрикционной цилиндрической передачей с гладкими катками?	В силовых передачах В кинематических парах	1 2
8. Как называется деталь, обозначенная цифрой 3 на рисунке 1а?	Ведущий каток Ведомый каток Промежуточный диск	1 2 3
9. Как называется сила, обозначенная на рисунке 38 буквой F_{a1} ?	Нажимная Осевая Радиальная Окружная	1 2 3 4

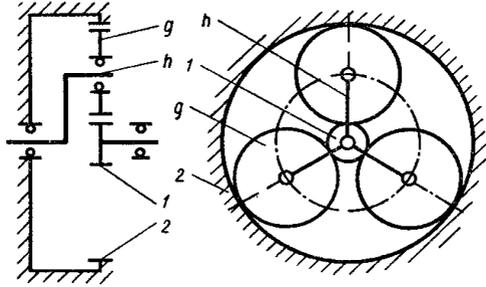
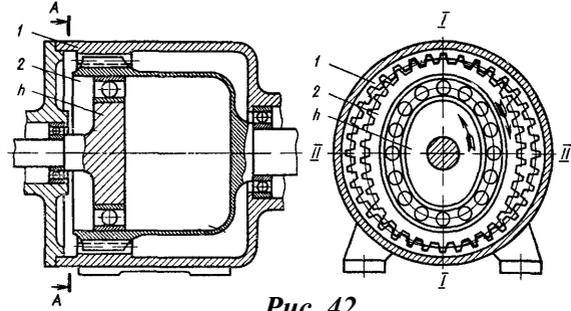
Вопрос	Ответ	Код
 <p>Рис. 38</p>		
10. Какой из катков конической фрикционной передачи делают прижимным?	Меньший Большой Любой	1 2 3
11. Формула проектного расчета конической фрикционной передачи для стальных катков	$\frac{0,418}{R} \cdot \sqrt{\frac{M_1 K_C \cdot (\sqrt{1+u^2})^3 \cdot E n p}{b u f}}$	1
	$\sqrt{u^2 + 1} \cdot \sqrt{\left(\frac{0,418}{[\sigma]_{II}}\right)^2 \cdot \frac{M_1 \cdot K_C \cdot E n p}{\psi_R \cdot u f}}$	2
	$K_C \cdot \frac{M_1 \cdot \sqrt{1+u^2}}{\psi_R \cdot J R^2}$	3
	$\sqrt{K_C \cdot \frac{M_1 \cdot \sqrt{1+u^2}}{\psi_R \cdot f \cdot [q]}}$	4
12. К каким передачам относятся вариаторы?	С постоянным передаточным числом	1
	С переменным передаточным числом	2
13. Какое направление вращения будет иметь ведомый каток 2 (рис. 39), если ведущий каток 1 переместить влево (на рисунке показано штриховыми линиями)	По часовой стрелке	1
	Против часовой стрелки	2
14. В какое положение необходимо поместить ведущий каток 1 (рис. 39), чтобы		

Вопрос	Ответ	Код
увеличить угловую скорость ведомого катка 2?	Влево к оси вала катка 2 В правое крайнее положение	1 2
 <p>Рис. 39</p>		
15. Назовите распространенные варианты сочетания материалов для червяка и червячного колеса	Сталь – чугун	1
	Чугун – чугун	2
	Бронза – сталь	3
	Сталь – бронза	4
	Чугун – бронза	5
	Все перечисленные	6
16. Определите, сколько витков имеет червяк, показанный на рисунке 40?	1	1
	2	2
	3	3
	4	4
	Определить нельзя	5
 <p>Рис. 40</p>		

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
17. Определите передаточное число червячной передачи, если число зубьев колеса равно $z_2 = 25$, число витков червяка $z_1 = 2$	60	1
	12,5	2
	1/15	3
	Определить нельзя	4
18. Какова цель теплового расчета червячной передачи (редуктора)?	Уменьшить опасность заедания	1
	Снизить изнашивание зубьев из-за перегрева масла и потери им вязкости	2
	Ликвидировать усталостное выкрашивание	3
	Предохранение от излома зубьев	4
19. Как рассчитывают открытые червячные передачи?	По контактным напряжениям	1
	На нагрев	2
20. Наиболее распространенными считаются червяки с:	Левым направлением витка	1
	Правым направлением витка	2
	Оба варианта	3
21. Можно ли изготовить червяк из чугуна или бронзы?	Можно	1
	Не рекомендовано	2
22. С какой целью проводится корригирование?	Для варьирования межосевого расстояния	1
	Для избежания эффекта подрезания зуба	2
	Для увеличения силы F_z	3

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
23. Как называют деталь h на рисунке 41?	Водило	1
	Сателлиты	2
 <p>Рис. 41</p>		
24. Какие профили зубьев применимы для планетарной передачи?	Эвольвентный	1
	Циклоидный	2
	Оба	3
25. Какая передача показана на рисунке 42?	Зубчатая с внутренним зацеплением	1
	Зубчатая планетарная	2
	Зубчатая волновая	3
26. Как называется деталь 2 на рисунке 42?	Неподвижное колесо с внутренними зубьями	1
	Вращающееся упругое колесо с наружными зубьями	2
	Водило	3
 <p>Рис. 42</p>		

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
27. Можно ли рассчитать внешнее зацепление для планетарной передачи?	Можно	1
	Нельзя	2
28. Влияет ли на работоспособность волновой передачи точность изготовления детали генератора волн?	Влияет	1
	Нет	2
29. Влияют ли параметры сателлитов в планетарной передаче на значение передаточного числа?	Влияют	1
	Нет	2
30. Где применяются заклепочные соединения?	В корпусах судов	1
	В фермах железнодорожных мостов	2
	В автомобилестроении	3
31. Выберите материал заклепок для ответственных металлоконструкций	Ст 3	1
	Ст 5	2
	40ХН	3
	Д18	4
32. От каких параметров зависит коэффициент прочности шва φ?	Толщины листов δ	1
	Диаметра заклепки d ₃	2
	Расстояния между заклепками α	3
	Действующей нагрузки F	4
33. По какой формуле следует рассчитывать число заклепок в шве?	$\frac{4F_r}{\pi d_3^2 i [\tau]_{cp.3}}$	1
	$\frac{F_r \cdot l}{\delta d_3 [\sigma]_{cm}}$	2
34. На какой вид деформации рассчитывают заклепку?	На срез, растяжение и сжатие	1
	На срез и смятие	2

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
35. По какой формуле определяют шаг однорядного шва внахлестку, если известно значение диаметра заклепки (d ₃)?	1,65d ₃	1
	2,0 d ₃	2
	0,5d ₃	3
	3d ₃	4
	6d ₃	5
36. По каким формулам рассчитывают прочность склепываемых листов в заклепочном шве?	$\frac{F_r}{\delta d_3 z}$	1
	$\frac{F_r}{Aiz}$	2
	$\frac{F_r}{\delta(t - d_3) \cdot z}$	3
	$\frac{F_r}{2\delta \left(e - \frac{d_3}{2} \right) \cdot z}$	4
37. По какому зубчатому колесу производят расчет зубьев на излом в передаче с зацеплением Новикова?	По шестерне	1
	По колесу	2
	По колесу и шестерне	3
38. Рассчитать диаметр вершин зубьев (мм) ведомого колеса прямозубой передачи, если z ₁ = 20, z ₂ = 50, m = 4 мм	88	1
	208	2
	80	3
	200	4
	190	5
39. По какой формуле проводят проверочный расчет прямозубой передачи на контактную прочность?	$Z_H \cdot Z_M \cdot Z_e \cdot \sqrt{\frac{0,5M \cdot (u \pm 1)^3}{\psi_{ba} \cdot a_w^3 \cdot u^2}} \cdot K_{H\beta} \cdot K_H$	1

Окончание таблицы

Вопрос	Ответ	Код
	$Ka(u+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{M_2 K_{H\beta}}{\psi_{ba} \cdot u^2 [\sigma]_H}}$	2
	$Y_F \cdot \frac{2M_2 \cdot K_{F\beta} \cdot K_{Fv}}{uz_1^2 \cdot m^3 \cdot \psi_{bd}}$	3
	$K_m \cdot \sqrt[3]{\frac{M_2 \cdot K_{F\beta} \cdot Y_F}{uz_1^2 \cdot \psi_{bd} \cdot [\sigma]_F}}$	4
40. Как обозначается коэффициент формы зуба в зависимости от отношения длины зуба к модулю (b/m)?	ψ_m ψ_{ba} ψ_{bd} Y_F $K_{F\beta}$	1 2 3 4 5
41. Покажите на рисунке 41 ведущий вал зубчатой передачи	1 2 q h	1 2 3 4
42. По какой окружности обычно измеряют шаг зубьев шестерни?	d_{a1} d_2 D_2 d_{a2} d_1	1 2 3 4 5

Вариант № 2

Вопрос	Ответ	Код
1. Опишите взаимное положение валов в передаче 10–11 (рис. 43)	Передача с параллельными валами Передача с пересекающимися валами	1 2

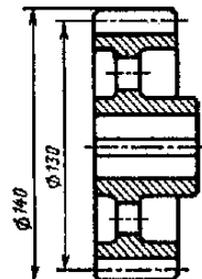
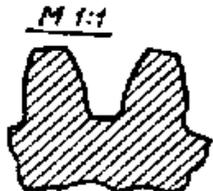
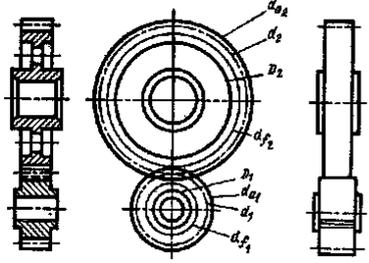
Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
<p style="text-align: center;">Рис. 43</p>		
2. Из какого материала изготавливают катки тяжело нагруженных быстроходных закрытых фрикционных передач?	Из любого материала Сталь Чугун Бронза Текстолит и другие неметаллические материалы	1 2 3 4 5
3. Показать на рисунке 43 червячную передачу	Поз 2–3 Поз 4–5 Поз 6–7 Поз 10–11 Поз 12–13	1 2 3 4 5
4. Как классифицировать фрикционные передачи по принципу передачи движения и способу соединения ведущего и ведомого звеньев?	Зацеплением Трением с непосредственным контактом Передача с промежуточным звеном Трением с гибкой связью	1 2 3 4
5. Назовите материалы (без уточнения марки) для изготовления кулачково-дисковых муфт	Чугун Бронза	1 2

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
6. Изменяют ли с помощью муфты угловую скорость одного вала относительно другого?	Изменяют	1
	Нет	2
7. Передача 4–5 (см. рис. 43) понижающая или повышающая?	Понижающая	1
	Повышающая	2
8. Покажите на рисунке 43 ведущее колесо третьей пары	Поз. 3	1
	Поз. 4	2
	Поз. 5	3
	Поз. 6	4
	Поз. 7	5
9. Сколько ступеней имеет передача, показанная на рисунке 43?	1	1
	2	2
	6	3
	12	4
10. Что называется шагом резьбы?	Расстояние между двумя одноименными точками резьбы одной и той же винтовой линии	1
	Расстояние между двумя одноименными точками двух рядом расположенных витков резьбы	2
11. Какую резьбу следует выбрать при проектировании тяжело нагруженного крепежного узла (без уточнения осевой нагрузки, диаметра и шага резьбы)?	Метрическую	1
	Дюймовую	2
	Прямоугольную	3
	Трапецеидальную	4
	Упорную	5
12. Как называется окружность (рис. 44), диаметр	Начальная окружность	1

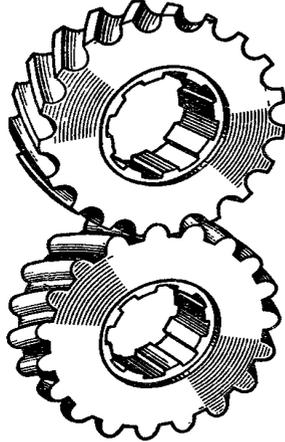
Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
которой равен 140 мм? 	Окружность вершин зубьев	2
	Делительная окружность	3
	Окружность вершин зубьев	4
13. По отпечатку зуба на рисунке 45 в М 1:1 определить модуль зацепления (мм)	6,0 4,5 3,0 2,5 свой вариант ответа _____	1 2 3 4 5
		
14. Покажите на рисунке 46 диаметр впадин зубьев шестерни	d_{a1} d_{a2} d_1 d_{f1} D_1	1 2 3 4 5
		

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
15. По какой формуле производят проектный расчет прямозубой передачи на изгиб?	$Y_F \frac{2M_2 K_{F\beta} K_{Fv}}{uz_1^2 m^3 \psi_{bd}}$	1
	$K_m^3 \sqrt{\frac{M_2 K_{F\beta} Y_F}{uz_1^2 \psi_{bd} [\sigma]_F}}$	2
16. Перечислите компенсирующие муфты:	Фланцевые	1
	Продольно-свертные	2
	Кулачковые	3
	Фрикционные	4
17. По каким параметрам проводят подбор стандартных муфт?	По режиму работы	1
	d_b	2
	ω	3
	$[\tau]_{кр}^{max}$	4
18. Что называется полюсом зацепления?	Точка касания двух соседних зубьев	1
	Отношение числа π к шагу зацепления	2
	Точка касания делительных (или начальных) окружностей шестерни и колеса	3
	Точка касания линии зацепления с основной окружностью шестерни или колеса	4
19. Какой угол зацепления принят в РФ для стандартных зубчатых колес, нарезанных без смещения?	15	1
	20	2
	25	3
	Любой	4
20. Какой профиль имеют зубья передачи, показанной на рисунке 47?	Эвольвентный	1
	Циклоидальный	2
	Зацепление Новикова	3
	Эти профили в маши-	4

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
 <p style="text-align: center;">Рис. 47</p>	ностроении не используются	
21. Какое минимальное число зубьев должна иметь некорригированная прямозубая шестерня, чтобы при нарезании ее гребенкой зубья получились неподрезанными?	13 17 21 24 30	1 2 3 4 5
22. Для каких видов разрушений зубьев разработаны методы расчета на контактную прочность?	Поломка Выкрашивание Изнашивание Заедание	1 2 3 4
23. Что называется корригированием?	Дополнительная обработка поверхности зуба с целью улучшения зацепления по профилю зуба Улучшение свойств зацеплений путем очерчивания рабочего профиля зубьев	1 2

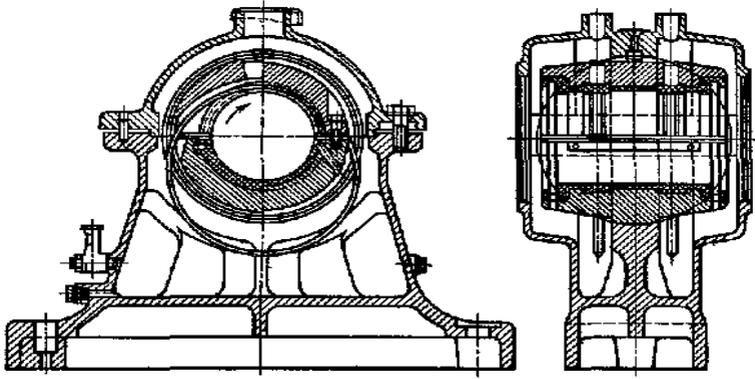
Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
	различными участками эвольвенты той же основной окружности Способ, применяемый для увеличения долговечности зубчатых колес при изнашивании и заедании	3
24. По какому моменту выбирают стандартные зубчатые муфты?	$M_{\text{пред}} = M_p$ M $K_p M$ $K_1 K_2 M$	1 2 3 4
25. К передачам какого типа относится ременная передача?	К передачам непосредственного касания за счет сил трения К передачам гибкой связью зацеплением К передачам гибкой связью за счет сил трения	1 2 3
26. Какой вид ременных передач получил наибольшее распространение в современных машинах?	Плоскоременные Клиноременные С плоским ремнем и натяжным роликом	1 2 3
27. Дайте определение для угла α в ременных передачах	Угол, соответствующий дугам, по которым происходит касание ремня и обода шкива Угол между ветвями ремня	1 2
28. Можно ли надевать клиновые ремни, не сближая шкивы передачи?	Можно Нельзя	1 2
29. Какие материалы	Клей	1

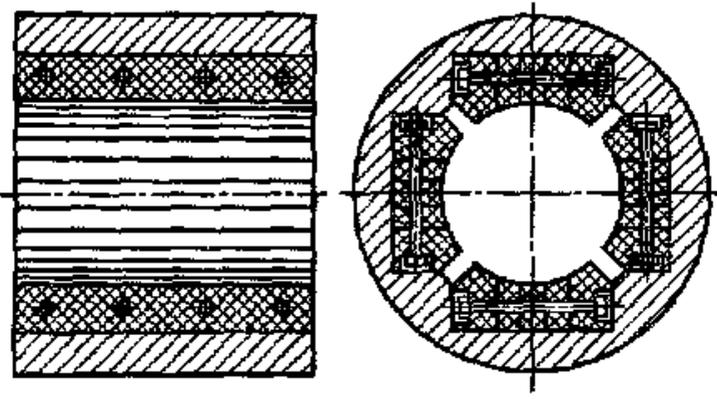
Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
(детали) необходимы для выполнения соединения ремней?	Жильные струны Металлические соединители Ушивальники Все перечисленные	2 3 4 5
30. Какие плоские ремни наиболее часто применяют в машинах?	Кожаные Хлопчатобумажные Прорезиненные Шерстяные	1 2 3 4
31. От чего зависит усталостное разрушение ремня?	От попадания абразивных материалов на рабочую поверхность ремня От его буксования От его перегрева От его циклического изгиба при огибании шкива	1 2 3 4
32. Назовите достоинства ременных передач	Возможность расположения ведущего и ведомого шкивов на больших расстояниях Плавность хода (бесшумность) Постоянство передаточного отношения Долговечность	1 2 3 4
33. Можно ли определить передаточное число ременной передачи по отношению D_1/D_2 ?	Да Нет	1 2
34. Назовите расчетную формулу для определения допускаемого напряжения среза для болта	$\sigma_n / (n_{\tau})$ $(0,2-0,3)\sigma_n$ $(0,8-1,0)\sigma_n$ $(0,6-0,8)\sigma_n$	1 2 3 4

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
	$(0,6-0,8)\sigma_n$	5
35. В каком случае расчетное напряжение σ_p больше: когда детали соединяются с упругой прокладкой или без прокладки?	С упругой прокладкой	1
	Без прокладки	2
36. Какой тип подшипника показан на рисунке 48?	Неразъемный	1
	Разъемный	2
	Самоустанавливающийся неразъемный	3
	Самоустанавливающийся разъемный	4
		
Рис. 48		
37. Какой материал применен для вкладышей, показанных на рисунке 49?	Сталь	1
	Чугун	2
	Бронза	3
	Латунь	4
	Капрон	5

Окончание таблицы

Вопрос	Ответ	Код
		
Рис. 49		
38. Как должна изменяться ширина зазора с увеличением диаметра вала цапфы?	Увеличиваться	1
	Уменьшаться	2
	Необходимо произвести соответствующий расчет	3
39. Какой внутренний диаметр (мм) имеет подшипник 302?	0,2	1
	10	2
	15	3
	302	4
40. Периодичность замены жидкого смазочного материала в подшипниках качения?	Три-шесть мес.	1
	Один-два раза в мес.	2
	Один раз в год	3
41. Недостаточное смазывание подшипников скольжения приводит к	Интенсивному изнашиванию	1
	Перегреву и заеданию	2
	Вышеперечисленному	3
42. В чем принципиальное отличие подшипников качения от подшипников скольжения?	Трение скольжения заменено трением качения	1
	Частотой смазывания	2

Вариант №3

Вопрос	Ответ	Код
1. В каком направлении будет вращаться ведомый каток 2 (рис. 50), если ведущий каток 1 переместить по скользящей шпонке в крайнее левое положение?	По часовой стрелке Против часовой стрелки	1 2
2. Можно ли применить фрикционную передачу (вариатор) для изменения скорости приводных колес автомобиля, снегохода и т. д.?	Можно Нельзя	1 2
3. Определите частоту вращения ведомого вала фрикционной передачи, если $n_1 = 1000$ об/мин, $D_1 = 100$ мм, $D_2 = 200$ мм (скольжением пренебречь)	1000 500 2000	1 2 3
4. Как называется передача, показанная на рисунке 51?	Лобовой вариатор Торовый вариатор Вариатор с коническими катками Дисковый вариатор	1 2 3 4

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
5. Как уменьшить межосевое расстояние a при проектировании фрикционной передачи (без увеличения размеров и нагруженности передачи)	Выбрать более прочный материал Увеличить коэффициент K_c Увеличить коэффициент f Увеличить коэффициент ψ_a	1 2 3 4
6. Формула для определения диаметра ведомого катка цилиндрической фрикционной передачи	$\frac{D_1(1+u)}{2}$ $\frac{2a}{1+u}$ $\frac{2au}{1+u}$ $a\psi_a$	1 2 3 4
7. Как классифицируется по взаимному расположению осей колес передача на рисунке 52?	Оси параллельны Оси пересекаются Оси скрещиваются	1 2 3

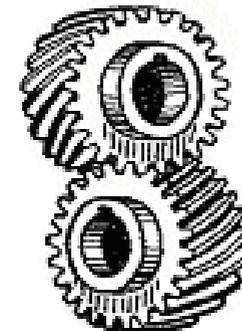
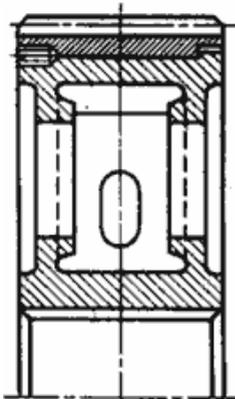
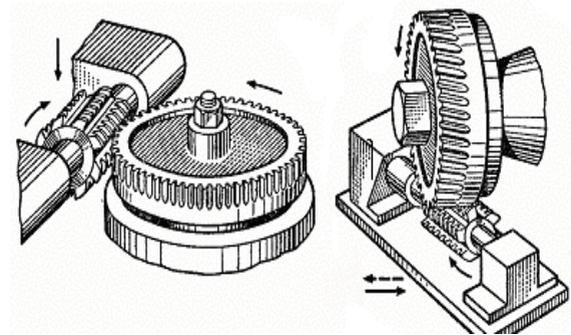
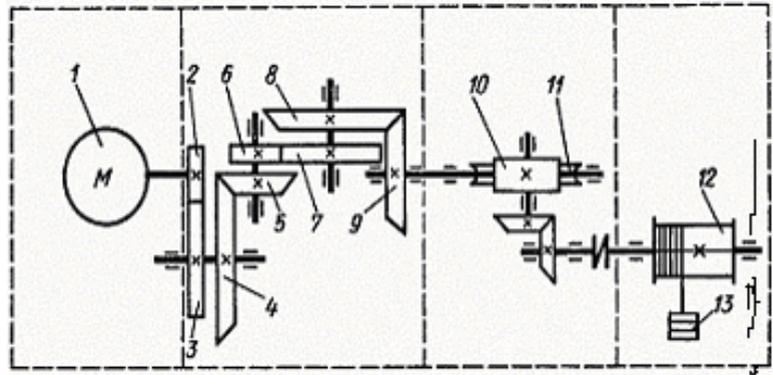
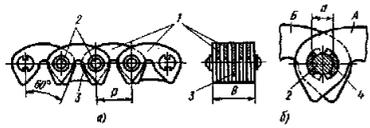
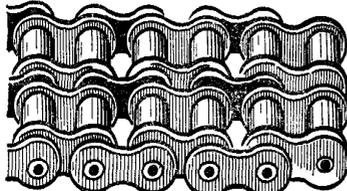


Рис. 52

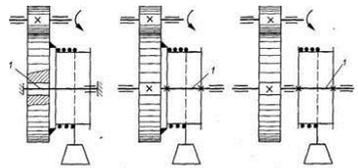
Вопрос	Ответ	Код
8. Как классифицируется по способу изготовления заготовки зубчатое колесо на рисунке 53?	Кованое Штампованное Бандажированное Сварное	1 2 3 4
		
Рис. 53		
9. Применяются ли (как правило) в общем машиностроении для изготовления зубчатых колес бронза, латунь?	Да Нет	1 2
10. Какое основное отличие зубчатой передачи от фрикционной (с конструктивной точки зрения)?	Постоянство передаточного числа Непостоянство передаточного числа	1 2
11. Как называется способ обработки зубьев, показанный на рисунке 54?	Фрезерование дисковой фрезой Фрезерование червячной фрезой («обкатка») Шевингование Притирка	1 2 3 4

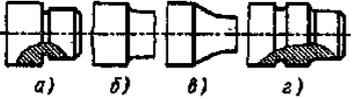
Вопрос	Ответ	Код
		
Рис. 54		
12. Как называется деталь 8 на рисунке 55?	Зубчатое колесо цилиндрическое Зубчатое колесо коническое Червячное колесо	1 2 3
		
Рис. 55		
13. Как называется деталь 10 на рисунке 55?	Червяк Шестерня Колесо Звездочка Шкив	1 2 3 4 5

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
14. Напишите формулу для определения модуля зубчатого зацепления	π/p_t p_t/π $h_f - h_a$	1 2 3
15. Какой модуль может быть принят стандартным в конической передаче?	m_e m Оба	1 2 3
16. Какая цепь показана на рисунке 56?	Втулочная Роликовая Зубчатая	1 2 3
 <p>Рис. 56</p>		
17. Какой материал следует назначать для изготовления валиков цепной передачи?	Сталь 50 с последующей термической обработкой У7 С430 ШХ15	1 2 3 4
18. Какая цепь показана на рисунке 57?	Втулочная Роликовая Зубчатая Определить нельзя, но не зубчатая	1 2 3 4
 <p>Рис. 57</p>		
19. Назовите основной критерий, по которому следует вести проверочные расчеты цепных передач	Износостойкость шарниров цепи Запас прочности (по разрушающей нагрузке цепи)	1 2

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
	Долговечность (по числу ударов)	3
20. Какой параметр является базовым для расчета цепной передачи?	Диаметр валика Ширина цепи Шаг	1 2 3
21. Покажите на рисунке 58 вал	Поз. 1 на рис. 58 а Поз. 1 на рис. 58 б Поз. 1 на рис. 58 в	1 2 3
 <p>Рис. 58</p>		
22. Деталь 1 (рис. 58), соединяющая зубчатое колесо с барабаном, работает на кручение. Как правильно назвать эту деталь?	Подвижная ось Неподвижная ось Вал	1 2 3
23. Покажите на рисунке 58 неподвижную ось	Поз. 1 на рис. 58 а Поз. 1 на рис. 58 б Поз. 1 на рис. 58 в	1 2 3
24. Валом называется деталь,....	Предназначенная для поддержания установленной на ней детали Предназначенная для поддержания установленной на ней детали и для передачи вращающего момента	1 2
25. Какая форма перехода между участками вала различных диаметров будет	а б в	1 2 3

Вопрос	Ответ	Код
способствовать большему увеличению его прочности?  Рис. 59	г	4
26. Основным критерием работоспособности вала является	Усталостная прочность Статическая прочность	1 2
27. По формуле $n \geq [n]$ проводят расчет...	На статическую прочность валов На усталостную прочность осей На усталостную прочность валов	1 2 3
28. Расчет валов (осей) на усталостную прочность производят как...	Проектный Проверочный	1 2
29. Под жесткостью вала (оси) понимают	Сопrotивляемость упругим деформациям вала (оси) в процессе эксплуатации Изменение размеров формы, массы Способность материала детали в определенных условиях и пределах не разрушаться	1 2 3
30. Как рассчитывают подвижные оси на прочность?	Только на изгиб Только на кручение На совместное дей-	1 2 3

Вопрос	Ответ	Код
	ствие изгиба и кручения	
31. По какой формуле проводят проверочный расчет валов передач?	$\frac{0,418}{R} \cdot \sqrt{\frac{M_K K_C \cdot (\sqrt{1+u^2})^3 \cdot E n p}{b u f}}$	1
	$\tau_K = \frac{M_K}{0,2 \cdot d^3} \leq [\tau]_K$	2
	$\sigma_{\text{экс}} = \frac{M_{\text{экс}}}{0,1 \cdot d^3} \leq [\sigma]_{II}$	3
32. Какой способ сварки рекомендуется применить для нахлесточного соединения толстых стальных листов?	Газовую Контактную	1 2
33. Какой вид неразъемного соединения стальных деталей имеет в настоящее время наибольшее распространение?	Заклепочное Сварное Клеевое	1 2 3
34. Укажите наиболее простую конструкцию сварного соединения	Нахлесточное Стыковое Тавровое Угловое С накладками	1 2 3 4 5
35. Какую форму (скос) необходимо придать кромкам листов толщиной 15 мм при стыковом шве?	Скос кромок не нужен Односторонний скос одной кромки Односторонний скос двух кромок Двухсторонний скос двух кромок	1 2 3 4
36. Можно ли для изготовления винтов (болтов, шпилек) применять чугун?	Можно Нельзя	1 2

Продолжение таблицы

Вопрос	Ответ	Код
37. Где применяют передачи винт-гайка?	При необходимости получить разъемное резьбовое соединение	1
	В устройствах, где есть необходимость предохранения от перегрузок	2
	Для получения большего выигрыша в силе	3
	Для осуществления медленного и точного поступательного перемещения	4
	Для поддержания вращающихся осей и валов	5
38. Из каких материалов изготовляют винты и гайки силовых передач?	Сталь – сталь	1
	Чугун – чугун	2
	Сталь – бронза	3
	Бронза – чугун	4
39. Определите нормальную глубину ввинчивания стальной ($\sigma_b = 450$ МПа) шпильки с резьбой М20 (материал детали – чугун)	10 мм	1
	15 мм	2
	20 мм	3
	26 мм	4
	40 мм	5
40. Какую резьбу следует выбрать при проектировании тяжело нагруженного крепежного узла (без уточнения осевой нагрузки, диаметра и шага резьбы)?	Метрическую	1
	Дюймовую	2
	Прямоугольную	3
	Трапецеидальную	4
	Упорную	5
41. Можно ли для изготовления винтов (болтов, шпилек) применять чугун?	Можно	1
	Нельзя	2

Окончание таблицы

Вопрос	Ответ	Код
42. Назовите расчетную формулу для определения допускаемого напряжения среза для болта	$\sigma_T / [n]_T$	1
	$(0,2 - 0,3)\sigma_T$	2
	$(0,8 - 1,0)\sigma_T$	3
	$(0,6 - 0,8)\sigma_T$	4
	$(0,6 - 0,8)\sigma_b$	5

Ключ ответов

Вариант № _____
 Фамилия, имя, отчество _____
 Направление, профиль, группа _____

№ вопроса	Код ответа				
	1	2	3	4	5
1.					
2.					
3.					
4.					
5.					
6.					
7.					
8.					
9.					
10.					
11.					
12.					
13.					
14.					
15.					
16.					
17.					
18.					

Продолжение таблицы

№ вопроса	Код ответа				
	1	2	3	4	5
19.					
20.					
21.					
22.					
23.					
24.					
25.					
26.					
27.					
28.					
29.					
30.					
31.					
32.					
33.					
34.					
35.					
36.					
37.					
38.					
39.					
40.					
41.					
42.					

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Андреев, В. И. Детали машин и основы конструирования. Курсовое проектирование : учеб. пособие для студ. вузов / В. И. Андреев, И. В. Павлова. – СПб. : Лань, 2013. – 352 с. : ил.
2. Гузенков, П. Г. Детали машин : учебник для немашиностроительных специальностей вузов / П. Г. Гузенков. – 4-е изд., испр., репринтное издание. – М. : Альянс, 2012. – 359 с.
3. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов (бакалавриат) / Г. И. Рощин, Е. А. Самойлов [и др.] ; ред. : Г. И. Рощин, Е. А. Самойлов ; Моск. авиац. ин-т. – М. : Юрайт, 2012. – 415 с. : ил., табл.
4. Иосилевич, Г. Б. Прикладная механика : учебник для вузов / Г. Б. Иосилевич, П. А. Лебедев, В. С. Стреляев. – Изд-во репринтное. – М. : Альянс, 2013. – 575 с.
5. Мархель, И. И. Детали машин : учебник / И. И. Мархель. – М. : ФОРУМ-ИНФРА, 2005. – 336 с.
6. Олофинская, В. П. Детали машин. Краткий курс и тестовые задания / В. П. Олофинская. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Форум, 2009. – 207 с. : ил.
7. Чернилевский, Д. В. Детали машин и основы конструирования : учебник для вузов / Д. В. Чернилевский. – М. : Машиностроение, 2013. – 672 с.
8. Шейнблит, А. Е. Курсовое проектирование деталей машин : учеб. пособие / А. Е. Шейнблит. – 2-е изд. перераб. и доп. – Калининград : Янтар. Сказ, 2005. – 456 с. : ил., черт.
9. Эрдеди, А. А. Детали машин : учебник для машиностр. спец. сред. проф. учеб. заведений / А. А. Эрдеди, Н. А. Эрдеди. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Высш. шк., 2003. – 285 с. : ил.
10. Детали машин. Электронный учебный курс для студентов очной и заочной форм обучения / сост. канд. тех. наук, доцент кафедры теоретической и прикладной механики Каримов Ильдар. – Режим доступа : <http://www.detalmach.ru>
11. <https://works.doklad.ru/view/m67hG14X49c.html>

Приложение

САХАЛИНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНСТИТУТ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК И ТЕХНОСФЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
КАФЕДРА БЕЗОПАСНОСТИ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

РАБОЧАЯ ТЕТРАДЬ

по дисциплине «_____»

Раздел «Детали машин»

Направление _____

Профиль _____

Студента группы № _____

Фамилия, имя студента _____

Южно-Сахалинск, 2019