

**Методические указания для организации самостоятельной работы студентов
факультета механизации по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия»**

2020 г.

**Краткие сведения из теории дисциплины
«Детали машин, основы конструирования и подъемно-транспортные машины»**

Детали машин – это курс, изучающий назначение, классификацию и основы расчета деталей общего типа.

Механические движения – это изменение положения тела в пространстве и во времени.

Материальная точка – это тело, формами и размерами которого можно пренебречь, но которое обладает массой.

Абсолютно твердое тело – это тело, у которого расстояние между любыми двумя точками остается неизменным при любых условиях.

Сила – мера взаимодействия тел.

Сила – векторная величина, которая характеризуется: точкой приложения, величиной (модулем) и направлением.

Основные понятия и определения

Деталь – это изделие, полученное из однородного по марке материала без сборочных операций.

Сборочная единица – изделие, полученное с помощью сборочных операций.

Механизм – комплекс деталей и сборочных единиц, созданных с целью выполнения определённого вида движения ведомого звена с заранее заданным движением ведущего звена.

Машина – это комплекс механизмов, созданный с целью превращения одного вида энергии в другой, либо для совершения полезной работы, с целью облегчения человеческого труда.

Механические передачи

Передачи – это механизмы, предназначенные для передачи движения.

1) *По способу передачи движения:*

- а) зацеплением (зубчатая, червячная, цепная);
- б) трением (фрикционная);

2) *По способу соприкосновения:*

- а) непосредственным касанием (зубчатая, червячная, фрикционная);
- б) с помощью передаточного звена.

Зубчатая передача – состоит из шестерни и зубчатого колеса и предназначена для передачи вращения.

Достоинства: надёжность и прочность, компактность.

Недостатки: шум, высокие требования к точности изготовления и монтажа, впадины – концентраторы напряжений.

Классификация.

1) *По расположению осей:*

- а) цилиндрические (оси параллельны),
- б) конические (оси пересекаются),
- в) винтовые (оси скрещиваются).

2) *По профилю зуба:*

- а) эвольвентные;
- б) циклоидальные;
- в) с зацеплением Новикова.

3) *По способу зацепления:*

- а) внутреннее;
- б) внешнее.

4) *По расположению зубьев:*

- а) прямозубая;
- б) косозубая;
- в) шевронная.

5) *По конструкции:*

- а) открытые;
- б) закрытые.

Применяются в станках, автомобилях, часах и др. устройствах

Червячная передача состоит из червяка и червячного колеса, оси которых скрещиваются.

Достоинства: надёжность и прочность, возможность создания самоторможения передачи, компактность, плавность и бесшумность работы, возможность создания больших передаточных чисел.

Недостатки: тихоходность, большой нагрев передачи, применение дорогостоящих антифрикционных материалов.

Классификация:

1) *По виду червяка:*

- а) цилиндрические;
- б) глобоидальные.

2) *По профилю зуба червяка:*

- а) эвольвентные;
- б) коволютные;
- в) архимедов.

3) *По числу заходов:*

- а) однозаходные;
- б) многозаходные.

4) *По отношению червяка к червячному колесу:*

- а) с нижним;
- б) с верхним;
- в) с боковым.

Применяются в станках, подъёмных устройствах.

Ременная передача состоит из шкивов и ремня. Служит для передачи вращения на расстояние до 15 метров.

Достоинства: плавность и бесшумность работы, простота конструкции, возможность плавного регулирования передаточного числа.

Недостатки: проскальзывание ремня, ограниченный срок службы ремня, необходимость натяжных устройств, невозможность применения во взрывоопасных средах.

Применяется в конвейерах, приводах станков, в текстильной промышленности, в швейных машинах, приборостроении.

Ремни – кожа, резина. Шкивы – чугун, алюминий, сталь.

Цепная передача состоит из цепи и шестерён. Служит для передачи вращательного момента на расстояние до 8 метров.

Достоинства: надёжность и прочность, отсутствие проскальзывания, меньшее давление на валы и подшипники.

Недостатки: шум, большой износ, провисание, затруднён подвод смазки.

Материал – сталь.

Классификация цепей:

1) *По назначению:*

- а) грузовые;
- б) натяжные;
- в) тяговые.

2) *По конструкции:*

- а) роликовые;
- б) втулочные;
- в) зубчатые.

Применяются в велосипедах, приводах станков и автомобилей, конвейерах.

Валы и оси

Вал – это деталь, предназначенная для поддержания других деталей с целью передачи вращательного момента.

В процессе эксплуатации вал испытывает изгиб и кручение.

Ось – это деталь, предназначенная только для поддержания на неё насаженных других деталей, в процессе работы ось испытывает только изгиб.

Классификация валов:

- | | | |
|-------------------|-----------------|----------------|
| 1) По назначению: | 2) По форме: | 3) По сечению: |
| а) прямые, | а) гладкие, | а) сплошные, |
| б) коленчатые, | б) ступенчатые. | б) полые. |
| в) гибкие. | | |

Валы часто изготавливают из Ст20, Ст20Х.

Расчет валов и осей

$\tau_{кр} = |M_{крmax}| / W \leq [\tau_{кр}]$ - условие прочности на кручение

$\sigma_{и} = |M_{иmax}| / W \leq [\sigma_{и}]$ - условие прочности на изгиб;

W – момент сопротивления сечения [$м^3$].

Оси рассчитывают только на изгиб.

Муфты

Муфты – это устройства, предназначенные для соединения валов с целью передачи вращательного момента и обеспечивающие остановку узла без выключения двигателя, а так же предохраняющие работу механизма при перегрузках.

Классификация.

1) *Нерасцепляемые:*

- а) жёсткие,
- б) гибкие.

Достоинства: простота конструкций, низкая стоимость, надёжность.

Недостатки: может соединять валы одинаковых диаметров.

Материал: сталь-45, серый чугун.

2) *Управляемые:*

- а) зубчатая,
- б) фрикционная.

Достоинства: простота конструкции, разные валы, возможно отключение механизма при перегрузке.

3) *Самодействующие:*

- а) предохранительные,
- б) обгонные,
- в) центробежные.

Достоинства: надёжность в работе, передают вращение при достижении определённой частоты вращения за счёт сил инерции.

Недостатки: сложность конструкции, большой износ кулачков.

Выполняются из серых чугунов.

4) *Комбинированные.*

Муфты подбираются по таблице ГОСТа.

Неразъёмные соединения – это такие соединения деталей, которые невозможно разобрать без разрушения деталей, входящих в это соединение. К ним относятся: заклёпочные, сварные, паяные, клеевые соединения.

Заклёпочные соединения

- | | | |
|-------------------|------------------------------|----------------------|
| 1) По назначению: | 2) По расположению заклёпок: | 3) По числу заходов: |
| а) прочные, | а) параллельные, | а) однорядные, |
| б) плотные. | б) в шахматном порядке. | б) многорядные. |

Достоинства: хорошо выдерживают ударные нагрузки, надёжность и прочность, обеспечивают визуальный контакт за качеством шва.

Недостатки: отверстия – концентраторы напряжений и снижают предел прочности, утяжеляют конструкцию, шумное производство.

Сварные соединения

Сварка – это процесс соединения деталей путём их нагрева до температуры плавления, либо пластической деформацией с целью создания неразъёмного соединения.

Достоинства: обеспечивает надёжное герметичное соединение, возможность соединения любых

Сварка:

- а) газовая,
- б) электродная,
- в) контактная,
- г) лазерная,
- д) холодная,
- е) сварка взрывом.

Сварные соединения:

- а) угловое,
- б) стыковое,
- в) нахлест,
- г) тавровое,
- д) точечное.

материалов любой толщины, бесшумность процесса.

Недостатки: изменение физических и химических свойств в зоне шва, коробление детали, сложность проверки качества шва, требуются специалисты высокой квалификации, плохо выдерживают повторно-переменные нагрузки, шов – концентратор напряжения.

Клеевые соединения

Достоинства: не утяжеляет конструкцию, низкая стоимость, не требует специалистов, возможность соединять любые детали любой толщины, бесшумность процесса.

Недостатки: “старение” клея, низкая теплостойкость, необходимость предварительной зачистки поверхности.

Все неразъёмные соединения рассчитываются на срез $\tau_{ср} = Q \cdot A \leq [\tau_{ср}]$

Резьбы (классификация)

1) *По назначению:*

- а) крепёжные,
- б) ходовые,
- в) уплотнительные.

4) *По числу заходов:*

- а) однозаходная,
- б) многозаходная.

2) *По углу при вершине:*

- а) метрические (60°),
- б) дюймовые (55°).

5) *По направлению винтовой линии:*

- а) левые;
- б) правые.

3) *По профилю:*

- а) треугольная,
- б) трапецеидальная,
- в) упорная,
- г) круглая,
- д) прямоугольная.

б) *По поверхности:*

- а) внешняя,
- б) внутренняя,
- в) цилиндрическая,
- г) коническая.

Резьбовые поверхности можно выполнить:

- а) вручную,
- б) на станках,
- в) на автоматических машинах накатыванием.

Достоинства: простота конструкции, надёжность и прочность, стандартизация и взаимозаменяемость, низкая стоимость, не требует специалистов, возможность соединения любых материалов.

Недостатки: резьба – концентратор напряжений, износ соприкасающихся поверхностей.

Материал – сталь, цветные сплавы, пластмасса.

Шпоночные соединения

Шпонки бывают: призматические, сегментные, клиновые.

Достоинства: простота конструкции, надёжность в работе, длинные шпонки – направляющие.

Недостатки: шпоночный паз – концентратор напряжений.

Шлицевые соединения

Бывают: прямобокие, треугольные, эвольвентные

Достоинства: надёжность в работе, равномерное распределение напряжений по всему сечению вала.

Недостатки: сложность изготовления.

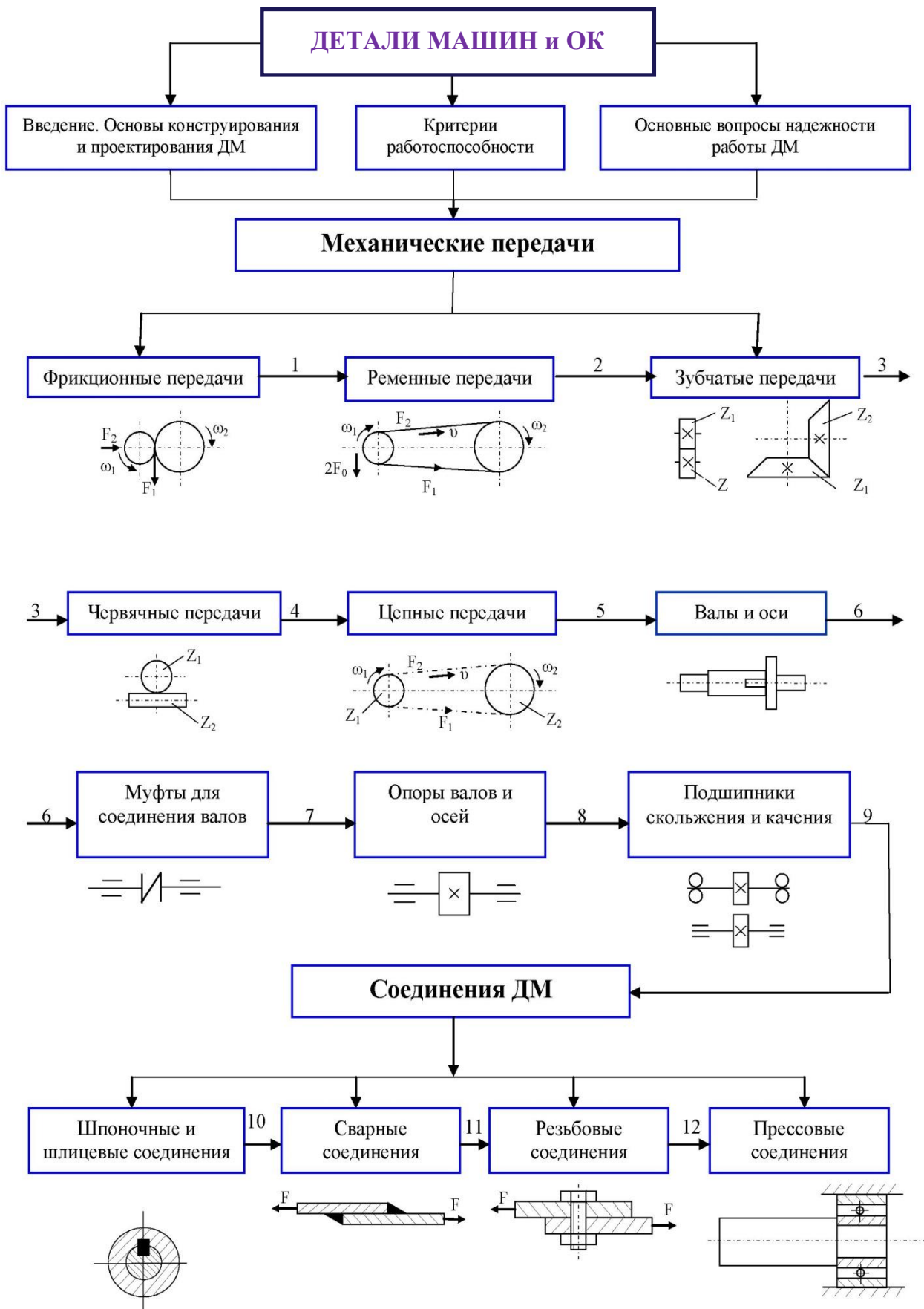


Рисунок 1 -Алгоритм изучения дисциплины «Детали машин и основы конструирования»

Расчетно-графическая работа № 1.

Кинематический расчет приводной станции.

Цель изучения темы: Освоить методику общего кинематического расчета механических приводов, включающих несколько передач, с учетом условий эксплуатации.

Задачи:

1. Вычертить кинематическую схему приводной станции в соответствии с заданием, проанализировать ее структуру;
2. Определить продолжительность работы приводной станции за годы эксплуатации;
3. Рассчитать значение эквивалентного вращающего момента на валу рабочей машины с учетом графика нагрузки приводной станции;
4. Определить общее передаточное число и КПД приводной станции;
5. Подобрать и проверить на «опрокидывание» электродвигатель приводной станции;
6. Уточнить передаточное число приводной станции и отдельных передач.
7. Определить угловые скорости и вращающие моменты на валах приводной станции.

Студент должен знать:

до изучения темы:

1. Общие сведения о механических передачах;
2. Классификацию механических передач;
3. Структуру приводных станций;
4. Геометрические соотношения передач;
5. Силовые характеристики передач;

после изучения темы:

1. Алгоритм и методику общего кинематического расчета приводной станции;
2. Методику подбора и проверки электродвигателя приводной станции;
3. Расчет вращающих моментов и угловых скоростей всех составляющих привод механических передач;

Студент должен уметь: выполнять общий кинематический расчет приводной станции с учетом условий эксплуатации и подбирать электродвигатель.

Контрольные вопросы:

1. Назначение приводной станции;
2. Основные компоненты приводной станции;
3. Что определяет график нагрузки приводной станции?
4. Как определяется эквивалентный вращающий момент на валу рабочей машины?
5. Сравнение редукторов зубчатых и червячных.
6. Где в приводной станции обычно размещается ременная передача? Почему?
7. Как определяется общее передаточное число приводной станции?
8. Как определяется общий КПД приводной станции?

Литература.

а) основная литература

1. ЭБС «Znanium»: Куклин Н. Г. Детали машин: Учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.: ил..
2. ЭБС «Znanium»: Чернавский С. А. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 414 с.: ил.

3. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)

б) дополнительная литература

1. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

2. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Прикладная механика. Курсовое проектирование деталей машин. [электронный полный текст] : методические указания для студентов электро-энергетического факультета по направлениям подготовки бакалавров: 110800.62 - Агроинженерия; 140400.62 - Электроэнергетика и электротехника / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов, Л. И. Яковлева, И. А. Орлянская ; СтГАУ. - Ставрополь, 2012. - 4,15 МБ.

Расчетно-графическая работа № 2.

Расчет клиноременной передачи.

Цель изучения темы: Освоить методику расчета клиноременной передачи с учетом условий эксплуатации.

Задачи:

1. Проанализировать условия эксплуатации передачи.
2. Подобрать профиль сечения ремня.
3. Определить диаметры шкивов.
4. Подобрать стандартную длину ремня.
5. Уточнить межосевое расстояние.
6. Проверить угол обхвата на меньшем шкиве.
7. Определить силы и напряжения, действующие в ремне.
8. Провести проверку ремня на долговечность.
8. Определить размеры основных конструктивных элементов шкивов.
9. Вычертить рабочий эскиз меньшего шкива.

Студент должен знать:

до изучения темы:

1. Общие сведения о механических передачах;
2. Преимущества и недостатки ременных передач в сравнении с цепными и зубчатыми.
3. Классификацию ременных передач.
4. Сравнительную оценку клиноременных и плоскоременных передач.
5. Геометрические соотношения в ременной передаче.
6. Силы, действующие в ременной передаче.

после изучения темы:

1. Методику подбора сечения ремня и диаметров шкивов для заданных условий эксплуатации.
2. Методику проверки выбранного ремня на прочность.
3. Методику проверки выбранного ремня на долговечность.

Студент должен уметь: правильно выбирать профиль сечения ремня и его на прочность и долговечность в заданных условиях эксплуатации.

Контрольные вопросы:

1. Типы ременных передач.
2. Преимущества и недостатки ременных передач.
3. Условия применения ременных передач.
4. Какие различают виды ремней по форме их поперечного сечения?
5. Каковы достоинства и недостатки отдельных типов ремней?
6. Из каких материалов изготавливают плоские, клиновые и зубчатые ремни?
7. Из каких материалов изготавливают шкивы?
8. Какие размеры шкивов нормализованы ГОСТами?
9. Как осуществляется выбор профиля сечения ремня?
10. Как определяются диаметры шкивов ременной передачи.
11. От каких факторов зависит угол обхвата шкива, каковы его допустимые значения?
12. От чего зависит коэффициент трения между шкивом и ремнем?
13. Какие силы действуют в ремне при передаче вращающего момента?
14. В какой зоне пробега ремня возникающее в нем суммарное напряжение максимально, и из каких компонентов оно складывается?
15. Что означает термин «упругое скольжение»?
16. Как определяют передаточное число ременной передачи с учетом проскальзывания ремня?
17. Как определяют силы натяжения ветвей ремня?
18. Какие потери мощности имеют место в ременной передаче и чему равен ее КПД?
19. Как рассчитывают плоские и клиновые ремни по тяговой способности?
20. Как рассчитывают ремни на долговечность?
21. Что необходимо предпринять, если число пробегов ремня в секунду больше допускаемого значения?

Литература

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. ЭБС «Znanium»: Куклин Н. Г. Детали машин: Учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.: ил.
2. ЭБС «Znanium»: Жуков, В.А. Детали машин и основы конструирования: Основы расчета и проектирования соединений и передач [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.А. Жуков. - М.: Инфра-М; Znanium.com, 2015. - 416 с.
3. ЭБС «Znanium»: Чернавский С. А. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 414 с.: ил.

б) дополнительная литература

1. ЭБС «Znanium»: Хруничева Т. В. Детали машин: типовые расчеты на прочность: Учебное пособие / Т.В. Хруничева. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 224 с.: ил.
2. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

Расчетно-графическая работа № 3.

Расчет косозубой цилиндрической передачи.

Цель изучения темы: Освоить методику расчета косозубой цилиндрической передачи с учетом условий эксплуатации.

Задачи:

1. Проанализировать условия эксплуатации передачи.
2. Подобрать материал зубчатых колес.
3. Определить допускаемые напряжения: контактные и изгиба.
4. Определить межосевое расстояние и модуль зацепления.
5. Определить геометрические размеры шестерни и колеса.
6. Определить силы, действующие в передаче.
7. Провести проверку зубьев на контактную и изгибную прочность.

Студент должен знать:

до изучения темы:

1. Общие сведения о механических передачах;
2. Преимущества и недостатки зубчатых передач в сравнении с цепными, ременными и червячными.
3. Классификацию зубчатых передач.
4. Геометрические соотношения в зубчатой передаче.
5. Силы, действующие в зубчатой передаче.

после изучения темы:

1. Методику подбора материала и определения допускаемых контактных напряжений и напряжений изгиба.
2. Последовательность расчета основных параметров зубчатой передачи.
3. Методику проверки рассчитанной передачи на контактную и изгибную прочность.

Студент должен уметь: правильно выбирать материал зубчатых колес, определять профиль сечения ремня и его на прочность и долговечность в заданных условиях эксплуатации.

Контрольные вопросы:

1. Типы зубчатых передач.
2. Преимущества и недостатки зубчатых передач.
3. Сравнительная оценка прямозубых и косозубых цилиндрических передач.
4. Как осуществляется выбор материала и термообработки зубчатых колес?
5. Какие факторы учитываются при определении допускаемых контактных напряжений?
6. Что такое модуль зацепления?
7. Как определяют начальный и делительный диаметры зубчатого колеса?
8. Как вычисляют диаметры вершин и впадин зубьев?
9. Какое минимальное число зубьев допускается для колес различных видов зубчатых передач?
10. Какое максимальное передаточное число допускается для одной пары различных видов зубчатых передач?
11. Какие силы действуют в прямозубой и косозубой цилиндрической передаче?
12. Какие потери имеют место в зубчатой передаче и чему равен ее КПД?
13. По каким причинам зубчатые передачи выходят из строя?
14. При известных допускаемых контактных напряжениях для зуба шестерни $[\sigma]_{H1}$ и колеса $[\sigma]_{H2}$ по какому значению осуществляется проектный расчет косозубой передачи?
15. Как различаются зубчатые колеса по конструкции?

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. ЭБС «Znanium»: Куклин Н. Г. Детали машин: Учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.: ил..
2. ЭБС «Znanium»: Жуков, В.А. Детали машин и основы конструирования: Основы расчета и проектирования соединений и передач [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.А. Жуков. - М.: Инфра-М; Znanium.com, 2015. - 416 с.
3. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
4. Гулиа, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулиа, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулиа. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)

б) дополнительная литература

1. ЭБС «Znanium»: Хруничева Т. В. Детали машин: типовые расчеты на прочность: Учебное пособие / Т.В. Хруничева. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 224 с.: ил.
2. ЭБС «Znanium»: Берлинер Э. М. САПР конструктора машиностроителя/Э.М.Берлинер, О.В.Таратынов- М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 288 с.
3. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ

Общие положения курсового проектирования деталей машин

Курсовой проект состоит, из расчетно-пояснительной записки и графической части. Расчетно-пояснительная записка должна содержать расчеты деталей и узлов проектируемой приводной станции. Графическая часть проекта содержит 1,5...2,5 листа чертежей формата А1 (594x841), содержание которых указывается в каждом задании.

Основные требования при проектировании деталей машин определяются прочностью, жесткостью, долговечностью, малой стоимостью и экономичностью в работе. Спроектированная машина, кроме того должна быть надежной в эксплуатации, безопасной при обслуживании, удобной при сборке и разборке. Все эти требования удовлетворяются в основном правильным выбором материалов и технологических процессов изготовления деталей, максимальным использованием стандартных и нормализованных узлов и деталей расположением элементов управления и рабочих органов машины в соответствии с требованиями эргономики.

Основные правила проектирования деталей машин можно свести к следующему:

- при проектировании необходимо пользоваться ГОСТами, стандартами и нормами заводов и проектных организаций;
- при расчете деталей машин диаметры и длины необходимо округлять до ближайшего наибольшего значения из ряда нормальных диаметров и длин по ГОСТ 6636-69 или СТ СЭВ 514-77, что имеет большое экономическое значение, так как позволяет применять стандартный режущий и мерительный инструмент;
- расчеты деталей на прочность, жесткость и устойчивость надо производить по максимальным допускаемым напряжениям и деформациям;
- не следует применять резких изменений сечений деталей, так как это приводит к появлению концентраций напряжений, что является одной из причин поломок деталей;
- необходимо по возможности избегать конструирования несимметричных деталей, подающих повод к ошибкам при их изготовлении;
- нужно осуществлять точность взаимного расположения частей посредством соприкосновения плоскостей или простых, легко обрабатываемых поверхностей преимущественно цилиндрических;
- машина и ее отдельные части должны быть спроектированы таким образом, чтобы была возможна сборка их и удобная надежная смазка трущихся частей;
- при проектировании деталей машин необходимо учитывать удобства ремонта и легкой замены изношенных частей, для этого все ответственные и изнашивающиеся части должны быть доступны для осмотра, разборки и сборки.

Из вышеизложенного вытекает, что недостаточен с практической точки зрения расчет на основании одних лишь формул сопротивления материалов и деталей машин, а необходимо всегда учитывать конкретные условия работы проектируемой машины.

Основными материалами для изготовления деталей машин является чугун, сталь, бронза, а также неметаллические материалы: древесина, резина, пластмассы и прочее, назначение которых подробно, описано в курсе “Технология конструкционных материалов”.

Курсовой проект рекомендуется выполнять по этапам (см. блок-схему: алгоритм выполнения курсового проекта

Выполненную курсовой проект студенты представляют на кафедру. Защита работы производится по графику в период до зачетной недели. При защите студент должен свободно ориентироваться по содержанию и методике расчетной части работы, четко представлять все конструктивные элементы спроектированной приводной станции.

АЛГОРИТМ ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

первый этап (5%) - ознакомление с техническим заданием проекта:

- изучение задания проекта;
- самостоятельное изучение теоретического курса деталей машин и ознакомление с типовыми конструкциями приводных станций и редукторов (учебники, лекционные записи справочники, атласы и электронные ресурсы).



второй этап (20%) - разработка эскизного проекта (выполнение расчетов и эскизных чертежей с принципиальными конструктивными решениями):

- определяют мощность и выбирают электродвигатель;
- определяют и распределяют общее передаточное число привода между отдельными передачами (ременная, зубчатая, цепная);
- производят расчеты основных параметров передач (определяют межцентровое расстояние, диаметры и ширину зубчатых колес, шкивов и пр.);
- выполняют в схематической форме компоновочный чертеж редуктора (для выявления действительных расстояний между опорами, зубчатыми колесами, конструктивных форм валов и т.д.)



третий этап (40%) - разработка технического проекта:

- разрабатывают сборочный чертеж редуктора с окончательными конструктивными решениями, дающими исходные данные для разработки рабочих чертежей деталей;
- формируют спецификацию.



четвёртый этап (15%) - разработка рабочего проекта:

разрабатывают рабочие чертежи деталей. Рабочие чертежи деталей должны иметь все размеры с учетом порядка технологического процесса изготовления и приведением технических условий и требований. Рабочие чертежи зубчатых и червячных колес, червяков, а также звездочек цепных передач сопровождаются таблицей данных для обработки зубьев.



пятый этап (20%) - разработка расчетно-пояснительной записки:

- составляется расчетно-пояснительная записка курсового проекта;
- выполняется проверка расчетно-пояснительной записки и графической части курсового проекта на соответствие требованиям Единой Системы Конструкторской Документации (ЕСКД).

Расчетно-пояснительная записка курсового проекта

Расчетно-пояснительная записка должна содержать:

- текст задания с указанием номера задания и варианта данных,
 - краткое описание назначения и принципа действия проектируемой машины;
 - расчет ее деталей и узлов со ссылками на использованные литературные источники.
- Все расчеты должны сопровождаться схемами, рисунками, эскизами и эпюрами нагрузок.

Основное содержание расчетно-пояснительной записки:

Введение

Кинематический расчет приводной станции и выбор электродвигателя

Расчет передач (ременных, цепных, зубчатых, червячных и др.)

Расчет валов - предварительный и уточненный (после эскизной компоновки редуктора)

Расчет и выбор подшипников

Расчет соединений (шпоночных, шлицевых, резьбовых и т.д.)

Выбор муфт и их проверочный расчет

Определение технико-экономических показателей редуктора

Перечень использованной литературы

Введение - должно содержать информацию о назначении проектируемого узла, требования к приводным станциям и особенности работы проектируемого привода (вид энергии, характер нагрузки и т.д.)

Кинематический расчет приводной станции и выбор электродвигателя. Примерная последовательность выполнения показана в методических указаниях «Кинематический расчет приводной станции». Далее рекомендуется, результаты кинематического расчета нанести на схему приводной станции, что поможет избежать возможных ошибок при формировании исходных данных для расчета передач.

По найденным параметрам производится расчет отдельных передач, валов, подшипников и т.д. с использованием методик, излагаемых в теоретическом курсе «Детали машин и основы конструирования» и пособий разработанных на кафедре механики и компьютерной графики, перечень которых приведен в разделе: **Учебно-методические пособия.**

Затем выполняют компоновочный чертеж редуктора на миллиметровой бумаге желательного в масштабе 1:1.

По размерам, полученным из компоновочного чертежа, производят проверочный расчет валов и подшипников (обычно в редукторах применяют подшипники качения).

Конструкцию муфты выбирают по условиям работы приводной станции, а ее размеры - по величине крутящего момента и диаметров валов из таблиц ГОСТов или нормалей (чаще всего муфты типа МУВП) []. Расчетом проверяют прочность наиболее нагруженных ее деталей.

При выполнении расчетов необходимо соблюдать точность вычислений: для сил (Н) и напряжений (Н/см²) до целых единиц, для мощности (кВт) и моментов (Нм) до десятых единиц. Для линейных размеров в миллиметрах (мм) берут только целые числа. Все сказанное о точности относится только к расчетам, а не к изготовлению и обработке, где требуемая точность выражается в десятых, сотых и в тысячных долях миллиметра (мм).

К расчету технико-экономических показателей редуктора

После выполнения расчетной и графической частей курсового проекта определяются основные технико-экономические показатели редуктора по общетехническим критериям совершенства конструкции, к которым относятся материалоемкость (удельная масса), степень стандартизации и надежность работы деталей и узла в целом.

Под материалоемкостью конструкции понимают отношение ее массы к мощности двигателя и определяется коэффициентом материалоемкости K_M

$$K_M = \frac{M}{T_{\text{ВЫХ}}};$$

где M – масса редуктора, кг;

$T_{\text{вых}}$ – крутящий момент на выходном валу, Нм.

Для редукторов общего назначения материалоемкость должна быть в пределах: $K_M = 0,06 \dots 0,10 \text{ кг/Нм}$ (цилиндрические редукторы); $K_M = 0,10 \dots 0,15 \text{ кг/Нм}$ (червячные редукторы).

Массу спроектированного редуктора, определяют ориентировочно с использованием основных параметров стандартных редукторов (по каталогу). Если затруднительно нахождение каталожного редуктора, то можно определить ориентировочную массу редуктора по массе отдельных его частей (корпуса, крышки, валов и т.д.).

Детали, размеры, масса и эксплуатационные параметры которых регламентированы государственными и отраслевыми стандартами, относятся к стандартным. Например: болты, винты, гайки, шайбы, шпонки, подшипники, муфты, цепи и т.д.

Коэффициент стандартизации K_C определяется отношением количества стандартных деталей к общему количеству деталей

$$K_C = \frac{D_C}{D_0};$$

где D_C - количество стандартных деталей;

D_0 – общее число деталей;

Обычно для машин и узлов общего назначения $K_C = 0,25 \dots 0,40$; количество унифицированных стандартных и всех деталей принимается по спецификации сборочного узла (редуктора).

Важным экономически эффективным показателем эксплуатации машины (узла) является ее надежность под которой понимают свойство изделия выполнять свои функции в течение заданного времени, сохраняя эксплуатационные показатели. Надежность изделий обуславливается в основном безотказностью, которая определяется вероятностью безотказной работы $P(t)$.

Долголетняя практика эксплуатации машин позволила выявить, что вероятность безотказной работы подчиняется показательному закону распределения

$$P(t) = e^{-\lambda_c t}$$

где λ_c - суммарная интенсивность отказов машины (редуктора) в 1/ч;

t - рассматриваемый промежуток времени (срок службы в часах);

e - основание натуральных логарифмов ($e = 2,72$)

Для редуктора суммарную интенсивность отказов определяют по интенсивности отказов отдельных деталей λ_i см. табл.4 с учетом количества деталей каждого наименования.

Для редукторов общего назначения вероятность безотказной работы

$P(t) \sim 0,65 \dots 0,75$ (при $T = 4000 \dots 5000 \text{ ч.}$)

Интенсивность отказов деталей редуктора (только для учебных расчетов)

Таблица 4

№	Передача, деталь	Интенсивность отказов $\lambda_i 10^{-5} 1/ч$
1.	Зубчатая прямозубая цилиндрическая пара	0,20
2.	Зубчатая косозубая цилиндрическая пара	0,10
3.	Зубчатая прямозубая коническая	0,40
4.	Червячная пара	0,60
5.	Корпус редуктора	0,01
6.	Резьбовые соединения	0,05
7.	Прокладки и уплотнения	0,02
8.	Вал	0,10
9.	Подшипники скольжения	0,25
10.	Шарикоподшипник	0,20
11.	Роликоподшипник	0,40

По вероятности безотказной работы $P(t)$ и интенсивности отказов λ_c можно определить другие показатели работы:

$$a(t) - \text{частота отказов, } a(t) = \lambda_c P(t)$$

T_{CP} – средняя наработка до первого отказа, $T_{CP} = 1/\lambda_c$

Пример определения показателей надежности редуктора

По данным таблицы 4 и в соответствии со спецификацией условного редуктора составим расчетную таблицу интенсивности отказов деталей (таб..5).

Расчетная таблица интенсивности отказов деталей редуктора

Таблица 5

Наименование узлов и деталей	Количество (штук, пар)	Интенсивность отказов $\lambda_i 10^{-5} 1/4$	
		единицы	общая
1. Корпус с крышкой	1	0,01	0,01
2. Зубчатая прямозубая пара	2	0,20	0,40
3. Вал	3	0,10	0,30
4. Шарикоподшипник	6	0,80	4,80
5. Резьбовое соединение	20	0,05	1,00
6. Прокладки уплотнения	8	0,02	0,16
			$\Sigma = 6,67 10^{-5}$

Если срок службы не известен, для редукторов в учебных целях время работы можно принимать: $t = 5000$ часов.

Тогда вероятность безотказной работы $P(t)$ составит:

$$P(t) = e^{-\lambda_c t} = e^{-6,67 10^{-5} 5 10^3} \approx 0,71$$

Частота отказов: $a(t) = \lambda_c P(t)$

Средняя наработка до первого отказа: $T_{CP} = 1/\lambda_c$

Коэффициент материалоемкости:

$$K_M = \frac{M}{T_{\text{вых}}}$$

Коэффициент стандартизации:

$$K_C = \frac{D_C}{D_0}$$

Оформление расчетно-пояснительной записки

Расчетно-пояснительная записка оформляется в виде сброшюрованной тетради формата А4 (210x297) с титульным листом. Объем расчетно-пояснительной записки составляет 30...35 страниц. Текст в записке пишется на одной стороне листа с оформлением основных надписей: на первой странице по форме 2, а на последующих - по форме 2а. (ГОСТ 2.302-78). Желательно применение офисных программ ПК.

Страницы должны иметь нумерацию. Все рисунки снабжаются порядковыми номерами и под рисуночными подписями. Например: "Рис.1 Эскиз зубчатого колеса". При этом на каждый рисунок должна быть ссылка в тексте. Основные формулы, коэффициенты, допускаемые напряжения и механические характеристики материалов, нормативные величины и т.п. должны сопровождаться указанием литературного источника при помощи цифр в квадратных скобках, со-

ответствующих нумерации списка использованной литературы, с указанием страницы литературного источника. Например, [2, с.155] , (страницы указываются в учебных целях).

Расчетные формулы записываются в общем виде с последующей цифровой подстановкой и результатом без записей промежуточных вычислений. Обозначения, входящие в формулы, выписываются отдельно с расшифровкой и указанием их величин и размерностей.

Надпись на обложке должна быть выполнена в текстовом редакторе ПК согласно приводимому образцу см. приложение 1.

Графическая часть курсового проекта

Выполнение графической части курсового проекта следует начинать со сборочных чертежей и оформлять их параллельно с расчетами, иначе неизбежны ошибки, которые могут быть выявлены впоследствии. Поэтому все полученные расчетом размеры немедленно проверяются путем нанесения их на эскизный чертеж.

Целесообразнее всего в первую очередь разрабатывать сборочный чертеж редуктора, но предварительно следует ознакомиться с конструкциями редукторов выбранного типа; понять, как монтируются детали на валах и валы в подшипниках. Особое внимание уделяется на способы смазки зацепления зубчатых колес и подшипников; регулировку зацепления передач, контроль уровня смазки и выравнивание давления воздуха в редукторе с атмосферным давлением.

В корпусе редуктора должны быть предусмотрены:

- окно для заливки масла и осмотра передач;
- отверстие для слива смазки из корпуса;
- грузовые винты (рым-болты) для захвата редуктора крюками или стропами при его погрузке, установке и пр.;
- средства обеспечивающие правильное взаимное положение крышки и основания корпуса (чаще всего штифты по ГОСТ 3129-70).

При выполнении чертежей необходимо руководствоваться ГОСТами на чертежи в машиностроении. Масштаб чертежей по возможности должен быть выбран 1:1; при невозможности использования этого масштаба допускается меньший масштаб, выбираемый по ГОСТу.

При простановке размеров необходимо, руководствоваться ГОСТом 2.109-73, основное содержание которого сводится к следующему. На чертежах сборочных единиц проставляют следующие размеры:

- габаритные;
- установочные и присоединительные, необходимые для установки изделия на месте монтажа, а также для определения размеров присоединительных к данному изделию элементов;
- исполнительные, связанные с выполнением сборочных операций (размеры отверстий под штифты, размеры зазоров между подшипниками и упорными торцами подшипниковых крышек и пр.;
- посадочные размеры, определяющие характер сопряжения. Например, посадка зубчатого колеса на вал, посадка подшипника на вал и в корпус и т.д.;
- расчетные и справочные размеры, характеризующие основные силовые и эксплуатационные показатели изделия. Например, межосевые расстояния; крайние положения подвижных частей и т.п.

Сборочный чертеж выполняется в 2-х или 3-х проекциях и должен иметь полную спецификацию всех деталей. Спецификация относится к текстовым документам (ГОСТ 2.108-68) и составляется на отдельных листах формата А4 (210 x 297). При этом в разделах "Сборочные единицы" и "Детали" запись изделий или деталей производят с обозначениями (см. приложение в конце). В разделе "Стандартные изделия" вначале записывают изделия по государственным стандартам, затем по отраслевым стандартам (нормалям). В пределах каждой группы - в алфавитном порядке наименований изделий (например, болт, винт, гайка и т.д.). В пределах каждой категории стандартов запись производят по однородным группам (например, крепежные детали, подшипники и т.д.). Листы спецификации брошюруются отдельно и прикладываются к расчетно-пояснительной записке.

Рабочие чертежи деталей редуктора должны иметь все необходимые для изготовления размеры и указания (шероховатость поверхностей, допуски и посадки и т.д.).

Предельные отклонения и их обозначение на чертежах

При проектировании, изготовлении, эксплуатации и ремонте машин существенное техническое и экономическое значение имеет взаимозаменяемость их деталей и узлов. Взаимозаменяемость - свойство независимо изготовленных деталей занимать свое место в сборочной единице без дополнительной подгонки при сборке, обеспечивая при этом нормальную работу данного узла. Однако недостаточно рассматривать взаимозаменяемость, как принцип "собираемости" машин и сборочных единиц.

Современным направлением взаимозаменяемости является функциональная взаимозаменяемость, при которой точность и другие эксплуатационные показатели деталей, узлов и агрегатов согласованы с назначением и условиями работы конечной продукции. Частным видом функциональной взаимозаменяемости является взаимозаменяемость по геометрическим параметрам. Этот вид взаимозаменяемости обеспечивается системой допусков и посадок, нормализованной ранее ГОСТом а в настоящее время внедряется Единая Система Допусков и Посадок (ЕСДП), оформленная в виде стандартов.

Детали в машинах, механизмах или сборочных единицах образуют различные соединения: резьбовые соединения, зубчатые (шлицевые) соединения, шпоночные соединения и т.д. При этом соединение двух деталей рассматривается как *основная ячейка* машиностроения.

В процессе сборки сопрягаемых деталей различают охватывающую и охватываемую поверхности. Охватывающую поверхность называют отверстием, охватываемую - валом. Общий размер отверстия и вала, который определяется расчетом на прочность, жесткость или по другим критериям работоспособности, носит название номинального размера и обозначается для отверстия D , а для вала d .

Номинальные размеры принимаются из ряда нормальных линейных размеров (СТ СЗВ 514-77).

Каждый из размеров сопрягаемых поверхностей выполняют с некоторым допуском, а размер, получаемый непосредственным измерением, называют действительным размером. Действительный размер должен находиться между предельными размерами, обусловленными величиной допуска. Наибольшим (D_{MAX} , d_{MAX}) и наименьшим (D_{MIN} , d_{MIN}) предельными размерами называются такие между которыми может колебаться действительный размер. Таким образом, допуск размера обозначаемый T , определяется как разность между наибольшим и наименьшим предельными размерами: для отверстия:

$TD = D_{MAX} - D_{MIN}$; для вала: $Td = d_{MAX} - d_{MIN}$. Для упрощения чертежей введены предельные отклонения от номинального размера, проставляемые рядом с этим размером:

- верхнее предельное отклонение отверстия $ES = D_{MAX} - D$;
- нижнее предельное отклонение отверстия $EJ = D_{MIN} - D$;
- верхнее предельное отклонение вала $es = d_{MAX} - d$;
- нижнее предельное отклонение вала $ei = d_{MIN} - d$;

Положительную разность между размерами отверстия и вала называют зазором (S), а отрицательную - натягом (N).

Характер соединения двух сопрягаемых деталей определяет посадку, которая показывает степень свободы относительного перемещения соединяемых деталей.

Стандартом СЭВ 145-75 указывается, что поле допуска нормируется качеством и основным отклонением. Установлено 19 классов (по ГОСТ действовали классы точности): 01, 0, 1, 2, 3, ... 17. Классы характеризуют точность изготовления, чем больше номер класса, тем грубее требования к изготовлению.

Основные отклонения обозначаются буквами латинского алфавита: для отверстий - прописными буквами A, B, C, D и т.д., для валов - строчными a, b, c, d и т.д. На рис. 1 показаны основные поля допусков отверстий и валов для образования посадок. При образовании посадок применяют две системы: систему отверстия и систему вала. В системе отверстия различные посадки осуществляют изменением предельных отклонений вала, а предельные отклонения отверстия остаются постоянными. В посадках в системе вала различные посадки осуществляют изменением предельных отклонений отверстия. По технологическим соображениям наибольшее распространение имеет система отверстия. На чертежах систему отверстия обозначают H , систему вала h .

В принципе стандарт СЭВ допускает для образования посадок любые сочетания полей допусков отверстий и валов (рис.2) при различных качествах. Однако на практике использование всех полей допусков неэкономично. В табл. 1 приведены наиболее предпочтительные посадки в системе отверстия.

При условном обозначении поля допуска справа от номинального размера указываются основные отклонения и качество. Например, $\varnothing 50H7$ - обозначает допуск отверстия номинального размера $\varnothing 50$ с основным отклонением H 7-го качества; $\varnothing 50n6$ - отклонение вала n 5-го качества.

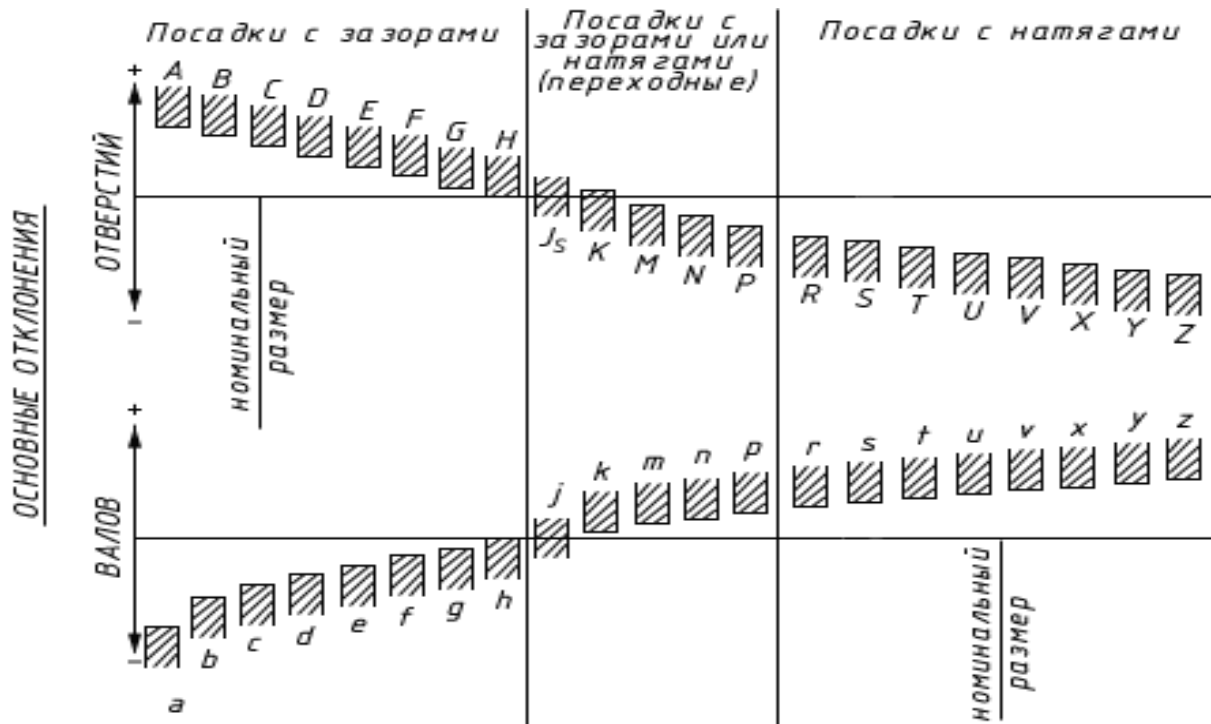


Рисунок 2- Основные поля допусков для образования посадок по стандартам (СтСЭВ 144-75)

На сборочном чертеже посадка с вышеприведенными отклонениями отверстия и вала обозначается так:

$$\varnothing 50 \frac{H7}{n6} \quad (\text{посадка в системе отверстия})$$

Поле допуска отверстия пишется в числителе, а поле допуска вала - в знаменателе. Исключения составляют посадки подшипников качения, для которых на сборочных чертежах указывают основные отклонения только отверстия (посадка для наружного кольца подшипника) и вала (посадка для внутреннего кольца).

Для наглядного представления допуски и предельные отклонения изображают графически. На рисунке 3 показаны схемы расположения полей допусков отверстия и вала на примере

переходной посадки $\varnothing 50 \frac{H7}{n6}$

Таблица 1 - Предпочтительные посадки в системе отверстия при номинальных размерах свыше 1 до 500мм (СТ СЭВ 144-75)

Основное отверстие	Основные отклонения валов											
	d	e	f	g	h	J _s	k	m	n	p	r	s
	Посадки											
H7		$\frac{H7}{e8}$	$\frac{H7}{f7}$	$\frac{H7}{g6}$	$\frac{H7}{h6}$	$\frac{H7}{J_s6}$	$\frac{H7}{k6}$	$\frac{H7}{m6}$	$\frac{H7}{n6}$	$\frac{H7}{p6}$	$\frac{H7}{r6}$	$\frac{H7}{s6}$
H8		$\frac{H8}{e8}$			$\frac{H8}{h6}$							
		$\frac{H8}{\alpha9}$			$\frac{H8}{h8}$							
H9	$\frac{H9}{\alpha9}$											
H11	$\frac{H11}{\alpha11}$				$\frac{H11}{h11}$							

Численные значения предельных отклонений принимаются по таблицам стандартов в зависимости от номинального размера основного отклонения и качества. В таблице 2 приведена выдержка из СТ СЭВ 144-75 численных значений предельных отклонений для учебного применения.

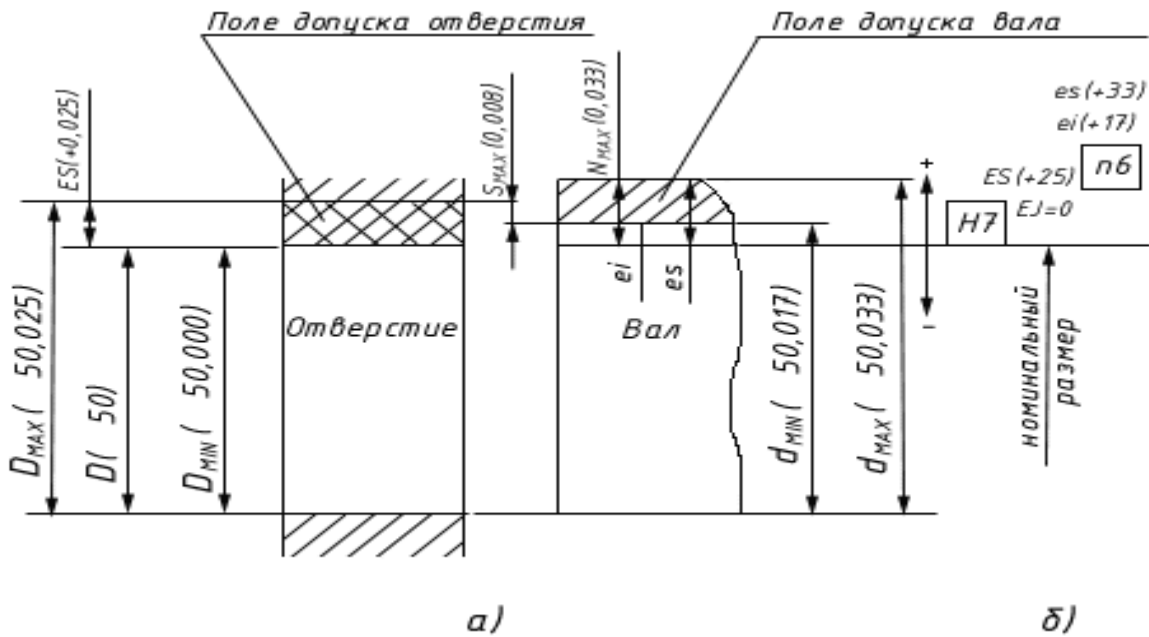


Рисунок 3 - Схемы расположения полей допусков отверстия и вала при переходной посадке

$\varnothing 50 \frac{H7}{n6}$

а) – подробная схема; б) – упрощенная схема

Таблица 2 - Поля допусков и предельные отклонения отверстий и валов
(выдержка из СТ СЭВ 144-75 в учебных целях)

Интервалы размеров, мм	Поле допуска отверстия												
	K6	js6	H6	K7	Js7	H7	H8	H9	Js9	N9	H11	H12	H14
	Предельные отклонения, мкм												
Св. 6 до 10	+2 -7	+4,5 -4,5	+9 0	+5 -10	+7 -7	+15 0	+22 0	+36 0	+18 -18	0 -36	+90 0	+150 0	+360 0
Св. 10 до 18	+2 -9	+5,5 -5,5	+11 0	+6 -12	+9 -9	+18 0	+27 0	+43 0	+21 -21	0 -43	+110 0	+180 0	+430 0
Св. 18 до 24 Св. 24 до 30	+2 -11	+6,5 -6,5	+13 0	+6 -15	+10 -10	+21 0	+33 0	+52 0	+26 -26	0 -52	+130 0	+210 0	+520 0
Св. 30 до 40 Св. 40 до 50	+3 -13	+8 -8	+16 0	+7 -18	+12 -12	+25 0	+39 0	+62 0	+31 -31	0 -62	+160 0	+250 0	+620 0
Св. 50 до 65 Св. 65 до 80	+4 -15	+9,5 -9,5	+19 0	+9 -21	+15 -15	+30 0	+46 0	+74 0	+37 -37	0 -74	+190 0	+300 0	+740 0
Св. 80 до 100 Св. 100 до 120	+4 -18	+11 -11	+22 0	+10 -25	+17 -17	+35 0	+54 0	+87 0	+43 -43	0 87	+220 0	+350 0	+870 0
Интервалы размеров, мм	Поле допуска вала												
	g5	h5	js5	m5	g5	h6	js6	k6	m6	n6	p6	r6	f7
	Предельные отклонения, мкм												
Св. 6 до 10	-5 -11	0 -6	+3 -3	+12 -6	-5 -14	0 -9	+4,5 -4,5	+10 +1	+15 +6	+19 +10	+24 +15	+28 +19	-13 -28
Св. 10 до 18	-6 -14	0 -8	+4 -4	+15 +7	-6 -14	0 11	+5,5 -5,5	+12 +1	+18 +7	+28 +12	+29 +18	+34 +23	-16 -34
Св. 18 до 24 Св. 24 до 30	-7 -16	0 -9	+4,5 -4,5	+17 +8	-7 -20	0 13	+6,5 -6,5	+15 +2	+21 +8	+28 +15	+35 +22	+41 +28	-20 -41
Св. 30 до 40 Св. 40 до 50	-9 -20	0 -11	+5,5 -5,5	+20 +9	-9 -25	0 16	+8 -8	18 +2	+25 +9	+33 +17	+42 +26	+50 +34	-25 -50
Св. 50 до 65 Св. 65 до 80	-10 -23	0 -13	+6,5 -6,5	+24 +11	-10 -29	0 19	+9,5 -9,5	+21 +2	+30 +11	+39 +20	+51 +32	+62 +43	-30 -60
Св. 80 до 100 Св. 100 до 120	-12 +27	0 -15	+7,5 -7,5	+28 +13	-12 -34	0 22	+11 -11	+25 +3	+35 +13	+45 +23	+59 +37	+76 +54	-36 -71
Интервалы размеров, мм	Поле допуска вала												
	s7	e8	h8	u8	f9	h9	α11	h11	h12	h14	h16		
	Предельные отклонения, мкм												
Св. 6 до 10	+38 +23	-25 -47	0 -27	+50 +28	-13 -49	0 -36	-40 -130	0 -90	0 -150	0 -360	0 -900		
Св. 10 до 18	+46 +28	-32 -59	0 -27	+60 +33	-16 -59	0 -43	-50 -160	0 -110	0 -180	0 -430	0 -1100		

Св. 18 до 24	+56	-40	0	+74	-20	0	-65	0	0	0	0
Св. 24 до 30	+35	-73	-33	+41	-72	-33	-195	-130	240	-520	-1300
Св. 30 до 40	+68	-50	0	+109	-75	0	-80	0	0	0	0
Св. 40 до 50	+43	-89	-39	+70	-87	-62	-240	-160	250	-620	-1600
Св. 50 до 65	+89	-60	0	+144	-30	0	-100	0	0	0	0
Св. 65 до 80	+59	-106	-46	+102	-104	-74	-209	-190	300	-740	-1900
Св. 80 до 100	+114	-72	0	+198	-36	0	-120	0	0	0	0
Св. 100 до 120	+79	-126	-54	+144	-128	-87	-340	-220	350	-870	-2200

Предельные отклонения на рабочих чертежах указываются по ГОСТ 2.307-68 непосредственно после номинального размера условными обозначениями полей допусков и посадок $\varnothing 50H7$, числовыми величинами $\varnothing 50^{+0,025}$ или условными обозначениями предельных отклонений с указанием справа в скобках их числовых величин $\varnothing 35k6^{(+0,018 / +0,002)}$. Второй и третий способы применяется обычно для единичного и мелкосерийного производства, когда пользуются универсальным мерительным инструментом.

На рис. 3 приведены примеры обозначения допусков и посадок на сборочном чертеже редукторного узла и: на рабочих чертежах его деталей. Для подшипников качения приняты наиболее распространенные посадки при вращающемся внутреннем кольце: для наружного кольца принята посадка H7, а для внутреннего кольца – k6.

При выполнении курсового проекта рекомендуется предельные отклонения обозначать: на сборочных чертежах условными обозначениями, на рабочих чертежах условными и в скобках числовые величины предельных отклонений в мм (комбинированный способ).

В зависимости от взаимного расположения полей допусков отверстия и вала посадка может быть:

с зазором - размеры отверстия больше размеров вала;

с натягом - размеры отверстия меньше размеров вала;

переходная посадка - размеры отверстия могут быть как больше, так и меньше размеров вала.

Ниже даются ориентировочные рекомендации различных посадок предпочтительного применения.

Посадки с зазором:

$\frac{H7}{h6}$, $\frac{H7}{h8}$

- применяются при нежестких требованиях к точности центрирования (посадки сменных зубчатых колес, поджимных крышек подшипников качения);

$\frac{H7}{e8}$, $\frac{H8}{e8}$

- применяются для быстровращающихся, больших машин (турбогенераторы, электродвигатели и т.д.);

$\frac{H7}{f7}$

- применяется для подвижных посадок (подшипники скольжения в поршневых компрессорах, коробках скоростей, двигателях внутреннего сгорания и т.д.).

Посадки с натягом:

$\frac{H7}{p6}$

- для соединений тонкостенных деталей,

$\frac{H7}{r6}$

- для соединения кондукторных втулок, ступицы и венца червячного колеса, шатунных втулок с шатуном дизеля.

Посадки переходные:

$\frac{H7}{j_s6}$, $\frac{H7}{k6}$, $\frac{H7}{m6}$, $\frac{H7}{n6}$

- применяются в неподвижных разъемных соединениях для центрирования деталей, которые при необходимости могут сдвигаться вдоль вала (посадки зубчатых колес редукторов, посадки вращающихся колец подшипников качения). Эти посадки характеризуются малыми зазорами и натягами, что позволяет собирать детали при небольших усилиях. Для неподвижности одной детали относительно другой их обычно крепят шпонками (зубчатые колеса, шкивы, полумуфты и т.п.).

Вышеизложенное касается в основном соединений с гладкими цилиндрическими поверхностями.

Обозначение полей допусков элементов резьбовых соединений принимаются по СТ СЭВ 181-75. На рисунке 4 показан пример резьбового соединения типа винт-гайка с метрической резьбой с полями допусков гайки - 6H, винта - 6g.

В условных обозначениях болтов, винтов, шпилек и гаек поля допусков 7H и 8g. обычно не указывают.

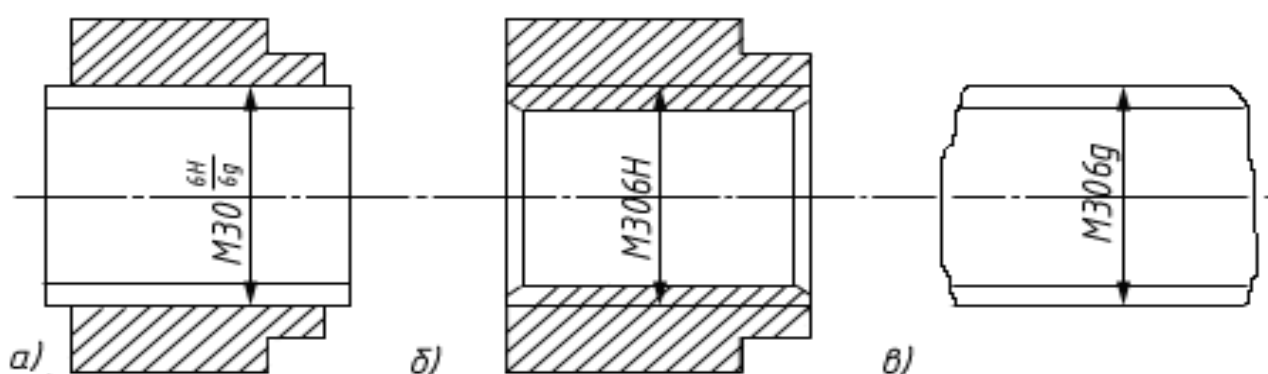


Рисунок 4 - Обозначение предельных отклонений элементов резьбовых соединений на сборочном чертеже (а) и на рабочих чертежах гайки (б) и винта (в)

Посадки в соединениях с призматическими шпонками (СТ СЭВ 189-75) и их обозначения на чертежах представлены в табл. 3 и на рис.5, из которых видно что посадки осуществляются по ширине шпонки всистеме вала. При выполнении курсового проекта рекомендуется применять нормальные шпоночные соединения с призматическими шпонками (СТ СЭВ 181-75).

Таблица 3 - Предельные отклонения элементов шпоночных соединений по проекту стандарта СЭВ (ориентировочно)

Наименование элементов	Тип шпоночного соединения		
	свободное	нормальное	плотное
ширина шпонки	h9	h9	h9
ширина паза во втулке	D10	J _s 9	P9
ширина паза на валу	H9	N9	P9
глубина паза на валу t ₁ и на втулке t ₂ при высоте шпонки h, мм	От 2 до 6	+0,1	
	Св. 6 до 18	+0,2	
	Св. 18 до 50	+0,3	
длина шпонки	h14		
длина паза на валу	H15		

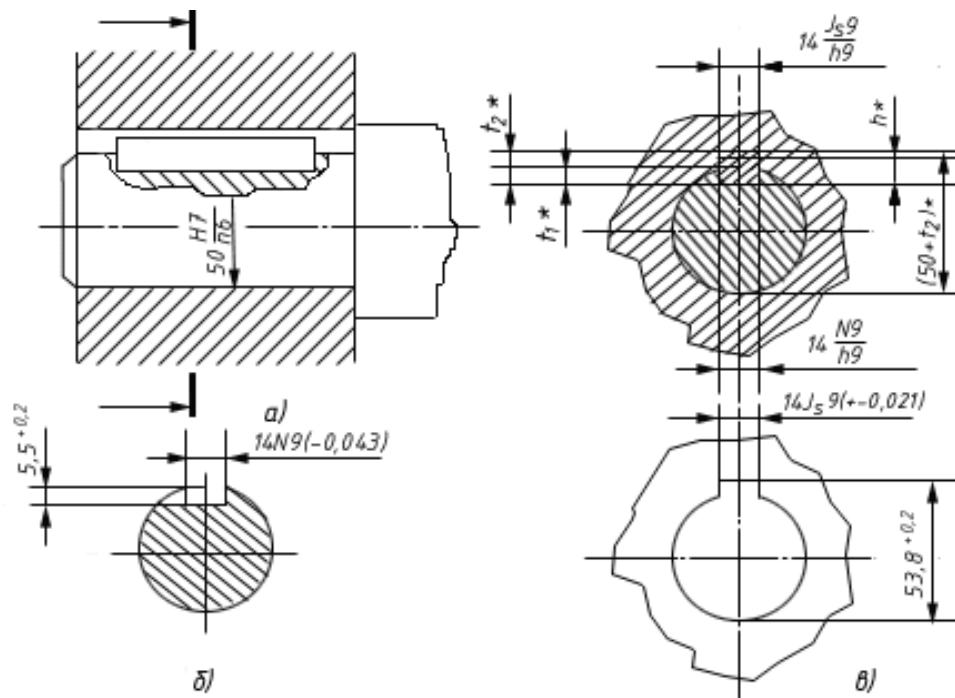


Рисунок 5 - Обозначение предельных отклонений элементов шпоночных соединений на сборочных чертежах (а) и на рабочих чертежах вала (б) и втулки (в)
* размеры на сборочных чертежах не проставляются.

Учебно-методические пособия

по курсу Детали машин и основы конструирования для студентов факультета механизации, разработанные на кафедре механики и компьютерной графики:

- Методические указания по выполнению курсового проекта;
- Задания по курсовому проектированию;
- Кинематический расчет приводной станции;
- Расчет плоскоременной передачи;
- Расчет клиноременной передачи;
- Расчет цилиндрической косозубой передач;
- Расчет цилиндрической прямозубой передачи;
- Расчет конической передачи;
- Расчет червячной передачи;
- Расчет цепной передачи;
- Расчет валов выбор и проверка подшипников;
- Выбор муфт, подбор и проверка шпонок;
- Компоновка редуктора.

Приложения

- 1.1. Титульный лист пояснительной записки
- 1.2. Первый лист пояснительной записки
- 1.3. Второй и последующие листы пояснительной записки
- 1.4. Первый лист спецификации
- 1.5. Первый лист спецификации
- 1.6. Второй и последующие листы спецификации
- 1.7. Пример выполнения сборочного чертежа цилиндрического редуктора в графическом редакторе Компас
- 1.8. Пример выполнения сборочного чертежа приводной станции в графическом редакторе Компас

СТАВРОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

КАФЕДРА «МЕХАНИКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ ГРАФИКА»

Приложение 1.1. Титульный

РАСЧЕТ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ

ДМЗ. С __. 00.00.00. ПЗ

Выполнил

 Ф.И.О

 подпись

 дата

Проверил

 Ф.И.О

 подпись

 дата

Ставрополь 201__

Литература

а) основная литература

1. ЭБС «Znanium»: Куклин Н. Г. Детали машин: Учебник / Н.Г. Куклин, Г.С. Куклина, В.К. Житков. - 9-е изд., перераб. и доп. - М.: КУРС: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 512 с.: ил.
2. ЭБС «Znanium»: Жуков, В.А. Детали машин и основы конструирования: Основы расчета и проектирования соединений и передач [Электронный ресурс] : Учеб. пособие / В.А. Жуков. - М.: Инфра-М; Znanium.com, 2015. - 416 с.
3. ЭБС «Znanium»: Чернавский С. А. Курсовое проектирование деталей машин: Учебное пособие / С.А. Чернавский, К.Н. Боков, И.М. Чернин. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 414 с.: ил.
4. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Самостоятельная внеаудиторная работа студентов бакалавриата по прикладной механике [электронный полный текст] : электр. учеб. пособие / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. А. Кожухов, А. В. Бобрышов, А. Н. Петенев, Б. П. Фокин, Л. И. Яковлева, В. Ю. Гальков, И. А. Орлянская, Д. С. Калугин ; СтГАУ. - Ставрополь, 2015. - 51,2 МБ
5. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Прикладная механика. Курсовое проектирование деталей машин. [электронный полный текст] : методические указания для студентов электро-энергетического факультета по направлениям подготовки бакалавров: 110800.62 - Агроинженерия; 140400.62 - Электроэнергетика и электротехника / В. Е. Кулаев, В. А. Лиханос, А. В. Орлянский, А. Н. Петенев, А. В. Бобрышов, Л. И. Яковлева, И. А. Орлянская ; СтГАУ. - Ставрополь, 2012. - 4,15 МБ.

б) дополнительная литература

1. ЭБ «Труды ученых СтГАУ»: Муфты механические для соединения валов, конструкция и основные принципы расчетов на прочность [электронный полный текст] : учеб. пособие для студентов фак. механизации сел. хоз-ва / В. Е. Кулаев [и др.] ; В. Е. Кулаев, А. В. Орлянский, Л. И. Яковлева, Д. С. Калугин, В. А. Лиханос, В. Ю. Гальков, Е. В. Кулаев ; СтГАУ. - Ставрополь, 2014. - 3,09 МБ.
2. Детали машин и основы конструирования : учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / под ред. М. Н. Ерохина ; Ассоц. "Агрообразование". - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : КолосС, 2011. - 512 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов вузов. Гр. МСХ РФ).
3. Гулия, Н. В. Детали машин : учебник / Н. В. Гулия, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; Н. В. Гулия, В. Г. Клоков, С. А. Юрков ; под общ. ред. Н. В. Гулия. - 3-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2013. - 416 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература. Гр.)
4. ЭБС «Znanium»: Олофинская В. П. Детали машин. Основы теории, расчета и конструирования: Учебное пособие / В.П. Олофинская. - М.: Форум: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 72 с.
5. ЭБС «Znanium»: Хруничева Т. В. Детали машин: типовые расчеты на прочность: Учебное пособие / Т.В. Хруничева. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ ИНФРА-М, 2014. - 224 с.: ил.
6. ЭБС «Znanium»: Берлинер Э. М. САПР конструктора машиностроителя/Э.М.Берлинер, О.В.Таратынов- М.: Форум, НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 288 с.