

Министерство образования Российской Федерации
Томский политехнический университет
Кафедра теоретической и прикладной механики

«СОГЛАСОВАНО»

Декан ХТФ

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан МСФ

_____ Погребенков В.М.

_____ Р.И.Дедюх

«_____» _____ 2009 года

«_____» _____ 2009 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по курсу «Механика» для студентов химико-технологического факультета

направления **240100 «Химическая технология и биотехнология»**
специальностей:

240802 «Основные процессы химических производств и химическая кибернетика»,

240304 «Химическая технология тугоплавких неметаллических и силикатных материалов»,

240301 «Химическая технология неорганических веществ»

Семестры	4, 5	
Общее число часов на дисциплину	200	
Аудиторные занятия, час	78	
Самостоятельная работа, час	122	
	4 семестр	5 семестр
Всего	128	72
Лекции, часов	42	-
Практические занятия, часов	18	-
Лабораторные работы, часов	18	-
Самостоятельная работа, час	68	54
Курсовое проектирование, часов	-	18
Формы контроля	экзамен	дифзачет

Томск 2009

Настоящая программа составлена на основании Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования. индекс ОПД.Ф.02

Индекс ОПД.Ф.02.

Регистрационный № 321 тех\дс от 5 марта 2000 г.

Составитель доц., канд. техн. наук В.В.Гурин.

Рецензент проф., докт. техн. наук Ан И-Кан

Программа рассмотрена методическим семинаром кафедры «Теоретическая и прикладная механика».

Протокол № _____ от « ____ » _____ 2009 года.

Зав. кафедрой доцент, канд. техн. наук

_____ В.М.Замятин

ВВЕДЕНИЕ

В ряду средств, обеспечивающих технологические процессы, важнейшая роль принадлежит машинам, так как в настоящее время не существует отрасли, в которой машины бы не использовались. В связи с интенсивным качественным изменением существующих технологических процессов и созданием новых процессов конструкции машин непрерывно совершенствуются, создаются их новые разновидности. Для максимально эффективного использования машинного парка в производстве разработаны классификации машин, дающие возможность не только разобраться в огромном количестве уже находящихся в эксплуатации машин, но и прогнозировать машины будущего.

Знание этих общих закономерностей совершенно необходимо каждому современному инженеру, который должен владеть основами общего машиноведения, чтобы грамотно решать вопросы технологии, механизации и автоматизации производственных процессов.

Очевидно, что современный инженер, особенно инженер-технолог, должен представлять себе не только общие принципы устройства механизмов, но и принципы их проектирования, знать детали, из которых состоят эти механизмы, и условия, при которых эти детали достаточно прочны и надёжны, так как прочность и надёжность каждой детали определяют прочность и надёжность машины в целом.

Комплекс указанных вопросов в той степени, в которой они необходимы инженерам различных профилей немашиностроительных специальностей, для рассмотрен в курсе «Механика».

Курс условно разбит на четыре раздела.

В первом из них изложены основы сопротивления материалов - науки о прочности, жесткости и устойчивости инженерных конструкций.

Во втором разделе рассмотрены общие вопросы теории механизмов.

Третий раздел посвящен рассмотрению вопросов проектирования наиболее распространенных механизмов (кулачковых, фрикционных, зубчатых).

В четвертом разделе основное внимание уделено прочностным расчетам деталей машин, базирующимся на методах сопротивления материалов и являющимся основой современного машиностроения.

Все разделы, тесно связанные между собой и с курсом теоретической (общей) механики, играют чрезвычайно большую роль в формировании современного инженера.

В зависимости от конкретной программы соответствующие части курса могут быть сокращены. Например, будущим инженерам-технологам не надо изучать специфические детали приборных систем. Для студентов других специальностей, наоборот, знакомство с этими деталями может оказаться необходимым. Таким образом, студент, пользующийся данным учебным пособием, должен отобрать тот материал, который соответствует программе изучаемого им курса.

В курсе «Механика» используются сведения, полученные студентами при изучении общенаучных и общеинженерных дисциплин, таких, как высшая математика, физика, начертательная геометрия, инженерная графика, вычислительная математика. Поэтому в начале курса должен быть осуществлён входной контроль знаний отдельных разделов этих дисциплин по пакету контрольных вопросов.

Предмет дисциплины - теоретические основы проектирования и надёжной эксплуатации изделий машиностроения, типичной для данной отрасли (в данном случае - для химической).

Расчётно-аналитический и инженерно-конструкторский характер курса способствует использованию ЭВМ, особенно на этапе курсового проектирования. Для этого используются пакеты типовых программ и пакеты, разработанные сотрудниками кафедры «Теоретическая и прикладная механика» по различным разделам курса.

При проведении занятий всех видов достаточно широко используются средства ТСО (модели механизмов, слайды, диафильмы и т.п.).

В условиях активизации самостоятельной работы студентов и из-за многообразия изучаемых объектов на лекциях материал излагается достаточно лаконично с освещением лишь принципиальных вопросов, раскрывающих содержание и суть темы, без излишней детализации. Отдельные, не принципиальные, вопросы, как правило, носящие описательный или информативный характер, выносятся на самостоятельную проработку под контролем преподавателя.

Практические занятия проводятся для закрепления основных теоретических положений курса и приобретения навыков в практических расчетах и анализе работоспособности типовых изделий машиностроения. На практические занятия выносятся и некоторые теоретические разделы курса (информативного или описательного характера, не прочитанные ранее на лекциях).

Лабораторный практикум приобщает студентов к экспериментальным методам исследования в области механики путём проверки и иллюстрации основных гипотез и допущений, экспериментальной оценки пределов применимости расчётных формул, определения механических характеристик конструкционных материалов. При выполнении лабораторных работ студенты знакомятся с современными экспериментальными методами в механике, вопросами метрологии, планирования экспериментов, обработкой экспериментальных данных.

Итоговым этапом обучения является курсовое проектирование. Выполнение курсового проекта позволяет активно закрепить и углубить знания, полученные при изучении общетехнических дисциплин, приобрести навыки работы со справочной литературой, со стандартами, а также освоить принципы оформления конструкторской документации на разрабатываемые изделия машиностроения.

Курс заканчивается выходным контролем.

1 ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ. ЕЕ МЕСТО В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

1.1 ЦЕЛЬ ПРЕПОДАВАНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью изучения дисциплины «Механика» является расчетно-теоретическая и конструкторская подготовка студентов *немашиностроительных* специальностей. Эта подготовка необходима каждому современному инженеру, который должен владеть основами общего машиноведения, чтобы грамотно решать вопросы технологии, механизации и автоматизации производственных процессов.

Курс «Механика» является базой для изучения профилирующих дисциплин, требующих умения проводить расчёты на прочность, долговечность, а так же навыков конструирования.

1.2 ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

В результате системного изучения всех разделов дисциплины «Механика» студент должен знать структурную и функциональную классификацию механизмов, методы кинематического анализа и синтеза механизмов, теоретические основы расчётов на прочность и жесткость наиболее распространенных деталей и узлов машин, механизмов приборов, иметь общие понятия о работе машин.

В задачу дисциплины входит обучение студента практическому проведению анализа и синтеза механизмов, расчётам по механической прочности, конструированию типовых детали и узлы машин. При наличии готовой продукции студент должен научиться проводить проверочные расчёты на прочность и жёсткость, определять допускаемую нагрузку; приобрести первые навыки по конструированию деталей и узлов механизмов, машин, агрегатов.

1.3 ПЕРЕЧЕНЬ ДИСЦИПЛИН И ИХ РАЗДЕЛОВ, УСВОЕНИЕ КОТОРЫХ СТУДЕНТАМ НЕОБХОДИМО ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ КУРСА «МЕХАНИКА»

Базой для изучения курса «Механика» являются:

1. Математика ЕН.Ф.01.

Разделы:

«Векторный анализ»,

«Аналитическая геометрия»,

«Дифференциальное и интегральное исчисление».

2. Физика ЕН.Ф.03.

Раздел «Физические основы механики».

3. Начертательная геометрия ОПД..01.01.

4. Инженерная графика ОПД.Ф.01.02.

5. Метрология, стандартизация и сертификация ОПД.Ф.04.

6. Материаловедение ОПД.Ф.06.01

7. Технология конструкционных материалов ОПД.Ф.06.02.

8. Информатика ЕН.Ф.02.

Разделы:

«Понятие информации, общая характеристика процессов сбора, передачи, обработки и накопления информации»;

«Технические и программные средства реализации информационных процессов»;

«Модели решения функциональных и вычислительных задач».

2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕХАНИКА» (ОПД.Ф.02)

2.1 НАИМЕНОВАНИЕ РАЗДЕЛОВ И ТЕМ ЛЕКЦИОННЫХ ЗАНЯТИЙ. ИХ СОДЕРЖАНИЕ

2.1.1. ВВЕДЕНИЕ

Место и значение курса «Механика» в ряду общеинженерных дисциплин.

Основные тенденции в развитии машиностроения (роботизация, комплексная механизация, снижение металлоёмкости конструкций, увеличение производительности, уменьшение энергопотребления, улучшение экологических параметров и т.д.

Задачи курса.

Методика изучения курса.

2.1.2. ОСНОВЫ ТЕОРИИ МЕХАНИЗМОВ

2.1.2.1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Во первой части курса «Механика» рассматриваются вопросы теории механизмов, в которых положения общей механики применяются при изучении особых механических систем, называемых механизмами.

Изучаются структура, кинематика и динамика механизмов и машин, общие методы их анализа, с помощью которых исследуются кинематические и динамические характеристики заданного механизма или, наоборот, по заданным характеристикам определяются схема, основные размеры звеньев и другие параметры конструируемого механизма.

2.1.2.2 ЛИТЕРАТУРА

2.1.2.2.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболевский И.И. Теория механизмов и машин. - М.: Машиностроение, 1979. - 640 с.

2. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика. - М.: Машиностроение, 1985. - 564 с.

3. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика. - М.: Высш. шк., 1989. -

352 с.

4. Машнев М.М. и др. Теория механизмов и машин и детали машин. - Л.: Машиностроение, 1980. - 512 с.

5. Осецкий В.М. и др. Прикладная механика. - М.: Машиностроение, 1977. - 488 с.

2.1.2.2.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6. Артоболевский И.И., Эдельштейн Б.В. Сборник задач по теории механизмов и машин. - М.: Машиностроение, 1975. - 376 с.

7. Гурин В.В. Замятин В.М. Попов А.М. Механика. Основы теории механизмов: Учеб. пособие. / Томск: Том. политех. ун-т. – Томск, 2007. – 141 с.

8. Юдин В.А., Барсов Г.А. Сборник задач и примеров по теории механизмов и машин. - М.: Машиностроение, 1963. - 420 с.

9. Юдин В.А., Петрокас Л.В. Теория механизмов и машин. - М.: Высш. шк., 1967. - 528 с.

2.1.2.3 ПРОГРАММА РАЗДЕЛА «ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ»

2.1.2.3.1 ВВЕДЕНИЕ

Приступая к изучению раздела «Теория механизмов», следует в общих чертах представить его содержание, связь с другими разделами курса «Механика».

Следует учесть, что в данном разделе изучаются только некоторые вопросы дисциплины «Теория механизмов», без знания которых изучение других разделов курса «Механика» будет затруднено.

2.1.2.3.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Машина. Прибор. Машинный агрегат. Механизм.

2.1.2.3.3 СТРУКТУРА ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЗМОВ

Звено. Стойка.

Кинематическая пара. Элемент кинематической пары. Низшая кинематическая пара. Высшая кинематическая пара. Закрытая кинематическая пара. Открытая кинематическая пара. Плоская кинематическая пара. Пространственная кинематическая пара.

Кинематическое соединение. Степень свободы кинематической пары. Класс кинематической пары.

Кинематическая цепь. Открытая кинематическая цепь. Замкнутая кинематическая цепь. Простая кинематическая цепь. Сложная кинематическая цепь. Плоская кинематическая цепь. Пространственная кинематическая цепь. Степень свободы кинематической цепи. Формула Сомова-Малышева. Формула Чебышева.

2.1.2.3.4 МЕХАНИЗМЫ И ИХ КЛАССИФИКАЦИЯ

Понятие «механизм» в классической теории механизмов.

Входное звено. Выходное звено. Рабочее (исполнительное) звено.

Степень подвижности механизма. Условие однозначности работы механизма.

Рычажные механизмы. Кулачковые механизмы. Фрикционные механизмы. Зубчатые механизмы. Механизмы с гибкими звеньями.

2.1.2.3.5 КИНЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ

Планы положений механизма.

Планы скоростей плоского рычажного механизма. Свойства плана скоростей.

Планы ускорений плоского рычажного механизма. Свойства плана ускорений.

Кинематическая диаграмма линейных перемещений.

Кинематическая диаграмма угловых перемещений.

Графическое дифференцирование методом хорд.

Кинематическая диаграмма скоростей.

Кинематическая диаграмма ускорений.

Колесные механизмы.

Передаточное отношение колесного механизма. Начальные окружности колес. Определение величины передаточного отношения колесного механизма с внешним касанием колес. Определение величины передаточного отношения колесного механизма с внутренним касанием колес.

Определение угловых скоростей колес колесного механизма.

Определение моментов на колесах колесного механизма.

Механизмы с последовательным соединением колес. Определение передаточного отношения механизма с последовательным соединением колес.

Паразитное колесо. Назначение паразитных колес.

Механизмы со ступенчатым соединением колес. Определение передаточного отношения механизма со ступенчатым соединением колес.

Графоаналитический метод кинематического анализа колесных механизмов.

2.1.2.3.6 ТРЕНИЕ В КИНЕМАТИЧЕСКИХ ПАРАХ

Основные понятия.

Трение скольжения. Сухое трение. Граничное трение. Жидкостное трение. Полусухое трение. Полужидкостное трение.

Сила трения. Сила трения покоя. Сила трения движения.

Коэффициент трения. Коэффициент трения покоя. Коэффициент трения движения. Формула Амонтона-Кулона для определения силы трения.

Угол трения. Угол трения покоя. Угол трения движения.

Трение в поступательной паре (ползун на наклонной плоскости). Самотормозящая наклонная плоскость. Трение в клинчатом ползуне. Трение в винтовой паре с прямоугольной резьбой. Трение в винтовой паре с треугольной резьбой. Трение во вращательной паре. Трение качения. Коэффициент трения качения.

2.1.2.3.6 МЕХАНИЧЕСКИЙ КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ МЕХАНИЗМА

Коэффициент полезного действия (КПД) механизма.

Коэффициент потерь.

КПД сложного механизма, состоящего из n последовательно соединенных простых механизмов, КПД которых известны.

КПД сложного механизма, состоящего из n параллельно соединенных простых механизмов (при известном распределении потока мощности через простые механизмы и при известных КПД простых механизмов).

КПД сложного механизма, состоящего из n параллельно соединенных простых механизмов с одинаковым КПД.

2.1.3 СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ

2.1.3.1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Сопротивление материалов является разделом механики деформируемого твердого тела, в котором рассматриваются методы расчета типовых элементов конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.

2.1.3.2 ЛИТЕРАТУРА

1. Беляев Н.М. Сопротивление материалов. - М.: Высш. шк., 1976. - 608 с.
2. Гурин В.В. Замятин В.М. Попов А.М. Механика. Сопротивление материалов: Учеб. пособие. / Томск: Том. политех. ун-т. – Томск, 2007. – 350 с.

3. Иосилевич Г.Б. Строганов Г.Б, Маслов Г.С. Прикладная механика. - М.: Высш. шк., 1989. - 352 с.

4. Миролюбов И.Н. и др. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов. - М.: Машиностроение, 1974. - 460 с.

5. Осецкий В.М. и др. Прикладная механика. - М.: Машиностроение, 1977. - 488 с.

6. Степин П.А. Сопротивление материалов. - М.: Машиностроение, 1979. - 312 с.

2.1.3.3 ПРОГРАММА РАЗДЕЛА «СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»

2.1.3.3.1 ВВЕДЕНИЕ

Первой стадией создания машины, сооружения является проектирование, в процессе которого расчетным путем определяют размеры отдельных элементов конструкций.

Проектируемая конструкция должна быть надежной в заданных условиях функционирования в течение заданного срока.

Круг задач, решаемых методами сопротивления материалов, включает в себя задачи расчета безопасных нагрузок, определения надежных размеров элементов, обоснования выбора наиболее подходящих материалов. Для этого необходимо выявить закономерности распределения внутренних усилий и соответствующих им геометрических изменений в элементах в зависимости от их формы и размеров, вида, характера, места приложения, величины и направления нагрузок, определить меры изменения усилий и деформаций и сопоставить их с механическими характеристиками реальных конструкционных материалов.

Особенностью постановки задач в сопротивлении материалов является широкая экспериментальная проверка предлагаемых решений. Методы сопротивления материалов изменяются вместе с возникновением новых задач и требований практики.

2.1.3.3.2 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Внешние силы. Деформация. Прочность. Жесткость. Устойчивость.

2.1.3.3.3 ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Нагрузки. Сосредоточенные нагрузки. Характеристика сосредоточенной нагрузки. Распределенные нагрузки. Виды распределенных нагрузок. Характеристики распределенных нагрузок. Статические нагрузки. Динамические нагрузки.

Внутренние силы. Дополнительные внутренние силы (усилия). Метод сечений. Продольная сила. Поперечная сила. Крутящий момент. Изгибающий момент.

Понятие о напряжениях. Напряженное состояние в точке. Нормальное напряжение. Касательное напряжение. Напряженное состояние тела. Главные площадки. Главные напряжения. Линейное (одноосное) напряженное состояние. Плоское (двухосное) напряженное состояние. Объемное (трехосное) напряженное состояние.

Конструктивные элементы механизмов и машин. Брус. Оболочка. Пластина.

Основные гипотезы и допущения. Гипотеза о сплошном строении тела. Гипотеза об идеальной упругости материала. Гипотеза об однородности материала. Гипотеза об изотропности материала. Гипотеза плоских сечений. Допущение о малости деформаций. Допущение о линейной зависимости между деформациями и нагрузками. Принцип независимости действия сил (принцип суперпозиции). Принцип Сен-Венана.

2.1.3.3.4 РАСТЯЖЕНИЕ И СЖАТИЕ

Деформация растяжения. Абсолютное удлинение. Относительное удлинение.

Деформация сжатия. Абсолютное укорочение. Относительное укорочение. Относительная поперечная деформация. Коэффициент Пуассона.

Закон Гука для пластичных материалов. Модуль продольной упругости (модуль упругости первого рода). Область действия закона Гука. Механические характеристики и свойства материалов.

Основные механические характеристики: предельные напряжения, твердость, ударная вязкость.

Пластичные конструкционные материалы.

Хрупкие конструкционные материалы.

Малопластичные конструкционные материалы.

Испытания на растяжение. Условная диаграмма растяжений пластичных материалов. Предел пропорциональности. Предел упругости. Предел текучести. Предел прочности (временное сопротивление). Условная диаграмма растяжения хрупких материалов.

Явление наклепа.

Испытание на сжатие. Условные диаграммы сжатия пластичных и хрупких материалов.

Твердость. Определение твердости по Бринеллю. Материалы, твердость которых определяется по Бринеллю. Определение твердости по Роквеллу. Материалы, твердость которых определяется по Роквеллу.

Допускаемые напряжения и запасы прочности. Допускаемое напряжение.

Предельное напряжение. Коэффициент запаса прочности (коэффициент безопасности).

Связь между допускаемым и предельным напряжениями.

Расчеты на прочность при растяжении (сжатии). Уравнение прочности.

Проверочный расчет на прочность при растяжении (сжатии).

Проектные расчеты на прочность при растяжении (сжатии).

Предельная деформация. Условие жесткости. Расчеты на жесткость при растяжении (сжатии).

Статически определимые системы. Определение внутренних сил и напряжений в статически определимых системах.

Напряженное состояние при растяжении (сжатии). Напряжения на гранях бесконечно малого элемента.

Свойства линейного напряженного состояния: сумма нормальных напряжений, действующих по двум взаимно перпендикулярным площадкам; закон парности касательных напряжений; сечение, в котором касательные напряжения максимальны.

2.1.3.3.5 ИЗГИБ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО БРУСА

Общие понятия.

Изгиб. Балка. Чистый изгиб. Поперечный изгиб. Силовая плоскость. Простой (плоский) изгиб. Признаки чистого изгиба. Нейтральный слой. Нейтральная ось. Силовая линия. Деформация волокон.

Типы опор. Шарнирно-подвижная опора. Реакция в шарнирно-подвижной опоре. Шарнирно-неподвижная опора. Реакция в шарнирно-неподвижной опоре. Жесткая заделка (защемление). Реакция в жесткой заделке. Возможные варианты крепления балки при условии, что система является статически определимой. Однопролетная (простая) балка. Консольная балка (консоль).

Метод определения опорных реакций в случае, когда система статически определима.

Внутренние силовые факторы, возникающие в поперечном сечении балки при ее изгибе: изгибающий момент и поперечная сила.

Методика определения поперечной силы. Правило знаков при определении величины поперечной силы.

Эпюра поперечных сил. Методика построения эпюры поперечных сил.

Методика определения изгибающего момента. Правило знаков при определении величины изгибающего момента. Методика построения эпюры изгибающих моментов.

Геометрические характеристики плоских сечений. Статические моменты площади. Центральные оси. Моменты инерции плоских сечений: осевые, полярные и центробежные. Единица измерения плоских моментов инерции. Свойства моментов инерции. Главные оси инерции. Главные центральные

оси инерции. Главные моменты инерции. Моменты инерции простейших наиболее распространенных плоских сечений: прямоугольника, круга и кругового кольца. Моменты сопротивления: осевые и полярные. Осевые моменты сопротивления простейших наиболее распространенных плоских сечений: прямоугольника, круга и кругового кольца. Полярные моменты сопротивления при изгибе для круга и кругового кольца.

Напряжения при изгибе. Расчеты на прочность при изгибе. Плоскость изгиба. Напряжения в слое, отстоящем на некотором расстоянии от нейтрального (по закону Гука). Максимальные напряжения при изгибе. Условие прочности при изгибе.

2.1.3.3.6 СДВИГ И КРУЧЕНИЕ

Чистый сдвиг и его особенности. Площадки чистого сдвига. Деформация сдвига. Величина касательного напряжения при сдвиге. Абсолютный (линейный) сдвиг. Относительный сдвиг. Закон Гука при сдвиге. Модуль упругости второго рода. Размерность модуля упругости второго рода. Условие прочности при сдвиге. Допускаемое напряжение при сдвиге, выраженное через допускаемое напряжение при растяжении.

Кручение стержня круглого поперечного сечения. Деформация кручения.

Основные свойства деформации кручения в пределах упругих деформаций (недеформируемость оси кручения; неизменность плоскостности поперечных сечений; пропорциональность между углом поворота сечения и расстоянием от этого сечения до закрепленного конца цилиндра; пренебрежимо малая величина нормальных напряжений при кручении).

Определение величины крутящих моментов в поперечных сечениях круглого стержня. Построение эпюры крутящих моментов.

Расчеты на прочность и жесткость при кручении.

Кручение круглого цилиндра. Абсолютный сдвиг элемента. Относительный сдвиг. Относительный угол закручивания. Закон Гука при кручении. Эпюра напряжений по поперечному сечению цилиндра. Элементарная касательная сила. Элементарный момент. Крутящий момент в рассматриваемом сечении цилиндра. Зависимость напряжения от крутящего момента. Наибольшее напряжение при кручении. Условие прочности при кручении. Связь величины допускаемого напряжения при кручении с величиной допускаемого напряжения при растяжении. Формула для определения минимально допускаемого диаметра цилиндра при чистом кручении.

2.1.3.3.7 СЛОЖНОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ

Понятие о теории прочности. Эквивалентное линейное напряженное состояние.

Теория наибольших линейных деформаций (вторая теория прочности). Основная причина разрушения материала по второй теории прочности. Условие прочности по второй теории прочности. Материалы, для которых применима вторая теория прочности.

Теория наибольших касательных напряжений (третья теория прочности). Основная причина разрушения материала по третьей теории прочности. Условие прочности по третьей теории прочности. Материалы, для которых применима третья теория прочности.

Энергетическая теория формоизменения (четвертая теория прочности). Критерий прочности по четвертой теории прочности. Условие прочности по четвертой теории прочности. Материалы, для которых применима четвертая теория прочности.

Расчет бруса на прочность при одновременном действии на него изгиба и растяжения (сжатия).

Расчет круглой балки на прочность при одновременном действии на него изгиба и кручения.

Построение эпюр изгибающих моментов в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Построение результирующей эпюры изгибающих моментов.

Определение максимальных значений нормальных напряжений от изгиба в опасных сечениях балки.

Определение максимальных значений касательных напряжений от кручения в опасных сечениях балки.

Определение эквивалентного напряжения по одной из теорий прочности.

Определение величины коэффициента запаса прочности (коэффициента безопасности) при проверочном расчете балки при одновременном действии на нее изгиба и кручения.

2.1.3.3.8 МЕСТНЫЕ НАПРЯЖЕНИЯ

Виды местных напряжений.

Концентрация напряжений. Причины, вызывающие концентрацию напряжений. Концентраторы напряжений. Номинальное напряжение. Коэффициент концентрации. Теоретический коэффициент концентрации напряжений. Эффективный коэффициент концентрации напряжений. Концентрация напряжений при растяжении (сжатии). Концентрация напряжений при изгибе. Концентрация напряжений при кручении. Методы борьбы с концентрацией напряжений.

Контактные напряжения.

Допущения, принимаемые при определении величины контактных напряжений при сжатии двух шаров и при сжатии двух цилиндров, соприкасающихся по образующей. Формулы для определения величины максималь-

ных значений контактных напряжений при сжатии двух шаров и при сжатии двух цилиндров, соприкасающихся по образующей внешним и внутренним образом.

Напряжения смятия.

Формула для определения напряжения смятия.

2.1.3.3.9 ПРОЧНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ПРИ ПЕРЕМЕННЫХ НАПРЯЖЕНИЯХ

Основные понятия об усталостной прочности.

Циклические нагрузки. Цикл напряжений. Частота изменения напряжений. Период цикла. Характер разрушения материала при воздействии на него циклических нагрузок. Усталость материала. Циклическая прочность (выносливость). Предел выносливости. Основные параметры цикла. Максимальное напряжение цикла. Минимальное напряжение цикла. Среднее напряжение цикла. Амплитуда цикла. Коэффициент асимметрии цикла. Симметричный цикл. Пульсирующий (отнулевой) цикл. Постоянное напряжение.

Предел выносливости при симметричном цикле. Кривая выносливости. Базовое число циклов. Предел выносливости. Долговечность. Предельные циклы напряжений. Диаграмма предельных напряжений. Подобные циклы.

Факторы, влияющие на величину предела выносливости. Влияние концентрации напряжений. Эффективный коэффициент концентрации напряжений. Теоретический коэффициент концентрации напряжений. Зависимость между теоретическим и эффективным коэффициентами концентрации напряжений.

Коэффициент чувствительности материала к концентрации напряжений. Взаимосвязь между прочностью стали и ее чувствительностью к концентрации напряжений.

Влияние абсолютных размеров детали. Масштабный фактор (коэффициент влияния абсолютных размеров сечения). Причины влияния абсолютных размеров детали на величину предела выносливости материала этой детали.

Влияние состояния поверхности. Причины влияния состояния поверхности детали на величину предела выносливости материала этой детали. Коэффициент состояния поверхности.

Общий коэффициент изменения предела выносливости при симметричном цикле. Действительный предел выносливости детали.

Расчеты на прочность при переменных напряжениях. Порядок расчета элемента конструкции, находящейся под действием переменных нагрузок.

Коэффициент запаса прочности (коэффициент безопасности) по нормальным напряжениям при симметричном цикле.

Коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям при симметричном цикле.

Коэффициент запаса прочности при сложном напряженном состоянии

при симметричном цикле.

Коэффициенты, характеризующие чувствительность материала к асимметрии цикла.

Коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям при несимметричном цикле.

Коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям при несимметричном цикле.

Коэффициент запаса прочности при сложном напряженном состоянии при несимметричном цикле.

Коэффициент запаса прочности по нормальным напряжениям при сопротивлении пластическим деформациям.

Коэффициент запаса прочности по касательным напряжениям при сопротивлении пластическим деформациям.

Коэффициент запаса прочности по сопротивлению пластическим деформациям при сложном напряженном состоянии.

2.1.4 ДЕТАЛИ МАШИН

2.1.4.1 ОБЩИЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Целью изучения раздела «Детали машин» является приобретение студентом суммы знаний и навыков, необходимых для того, чтобы он мог, исходя из заданных условий работы механизма, используя отработанные методы, правила и нормы проектирования, рассчитать и спроектировать этот механизм с наиболее рациональными параметрами.

2.1.4.2 ЛИТЕРАТУРА

2.1.4.2.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Борисов С.И., Зуев Ф.Г. Основы технической механики и детали механизмов приборов. - М.: Машиностроение, 1977. - 344 с.
2. Гузенков П.Г. Детали машин. - М.: Высш. шк., 1982. – 352 с.
3. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика. - М.: Машиностроение, 1985. - 564 с.
4. Иосилевич Г.Б., Строганов Г.Б., Маслов Г.С. Прикладная механика. - М.: Высш. шк., 1989. - 352 с.
5. Иосилевич Г.Б. Детали машин. - М.: Машиностроение, 1988. - 358 с.
6. Машнев М.М. и др. Теория механизмов и машин и детали машин. - Л.: Машиностроение, 1980. - 512 с.
7. Осецкий В.М. и др. Прикладная механика. - М.: Машиностроение,

1977. - 488 с.

2.1.4.2.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

8. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.1. - М.: Машиностроение, 1994. - 728 с.

9. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.2. - М.: Машиностроение, 1994. - 560 с.

10. Анурьев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т.3. - М.: Машиностроение, 1994. - 558 с.

11. Бакуменко В.И. и др. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования. Т.1. - М.: Машиностроение, 1997. - 544 с.

11. Бакуменко В.И. и др. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования. Т.2. - М.: Машиностроение, 1997. - 524 с.

12. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. - М.: Высш. шк., 1978. - 352 с.

13. Дунаев П.Ф., Леликов П.А. Конструирование узлов и деталей машин. - Высш. шк., 1985. - 416 с.

14. Дунаев П.Ф., Леликов П.А. Детали машин. Курсовое проектирование. - М.: Высш. шк., 1984. - 336 с.

15. Орлов П.И. Основы конструирования. Т.1. - М.: Машиностроение, 1988. - 560 с.

16. Орлов П.И. Основы конструирования. Т.П. - М.: Машиностроение, 1988. - 544 с.

17. Тарабасов Н.Д., Учаев П.Г. Проектирование деталей и узлов машиностроительных конструкций. - Л.: Машиностроение, 1983. - 240 с.

18. Чернавский С.А. и др. Проектирование механических передач. - М.: Машиностроение, 1984. - 558 с.

19. Чернилевский Д.В. Курсовое проектирование деталей машин и механизмов. - М.: Высш. шк., 1980. - 240 с.

20. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. - М.: Высш. шк., 1991. - 432 с.

2.1.4.3 ПРОГРАММА РАЗДЕЛА «ДЕТАЛИ МАШИН»

2.1.4.3.1 ВВЕДЕНИЕ

Приступая к изучению раздела «Детали машин», прежде всего, необходимо уяснить его основную задачу и связь с другими разделами курса, а также с другими общетехническими и специальными дисциплинами.

Рационально спроектированная и правильно изготовленная машина должна быть прочной, долговечной, возможно дешевой, экономичной в экс-

плуатации и безопасной при обслуживании.

Одна из основных тенденций современного машиностроения - повышение удельной мощности и быстроходности машин.

Однако нужно иметь в виду, что увеличение мощности, быстроходности, а, следовательно, производительности машин, с одной стороны, улучшает ее технико-экономические показатели, с другой - повышает динамические нагрузки в деталях и узлах, что требует применения более современных механизмов и передач, высококачественных материалов, более точного изготовления деталей.

В разделе «Детали машин» студент должен ознакомиться с принципиальными основами расчета деталей машин на прочность, жесткость, устойчивость и износостойкость. С учетом одного или нескольких вышеперечисленных критериев и ведется расчет, цель которого - определение размеров деталей создаваемой машины или механизма. При этом расчеты необходимо увязывать с экономическими требованиями, так как детали должны быть работоспособны в течение всего заданного срока службы при минимальных затратах на их изготовление и эксплуатацию.

2.1.4.3.2 ОБЩИЕ ВОПРОСЫ

Деталь. Сборочная единица (узел).

Критерии работоспособности элементов конструкций. Прочность детали. Жесткость детали. Износостойкость детали.

2.1.4.3.3 МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Машиностроительные материалы.

Сталь.

Углеродистая сталь.

Углеродистые стали обыкновенного качества. Стали группы «А». Стали группы «Б». Стали группы «В». Маркировка углеродистых сталей обыкновенного качества.

Качественные углеродистые стали. Качественные низкоуглеродистые стали. Качественные среднеуглеродистые стали. Качественные высокоуглеродистые стали. Маркировка качественных углеродистых сталей.

Легированные стали. Маркировка легированных сталей.

Сплавы.

Термическая обработка сталей. Отжиг. Нормализация. Закалка. Отпуск.

Химико-термическая обработка сталей. Цементация. Азотирование. Цианирование. Борирование.

Чугун.

Серый чугун. Маркировка серого чугуна.

Медные сплавы.

Латуни. Маркировка латуней.
Бронзы. Маркировка бронз.

2.1.4.3.4 ОСНОВЫ ВЗАИМОЗАМЕНЯЕМОСТИ

Взаимозаменяемость и стандартизация.
Размеры. Номинальный размер. Предельные размеры.
Отклонения. Действительное отклонение. Предельное отклонение.
Верхнее отклонение. Нижнее отклонение.
Допуск. Поле допуска.
Квалитет.
Посадка.
Посадки с зазором. Посадки с натягом. Переходные посадки.
Система отверстия. Запись посадки в системе отверстия.
Система вала. Запись посадки в системе вала.
Внесистемные посадки. Запись внесистемной посадки.
Точность геометрической формы деталей.
Отклонение поверхностей.
Отклонения от формы (отклонения от прямолинейности, плоскостности, круглости и др.). Отклонения расположения поверхностей или частей деталей (отклонения от параллельности, перпендикулярности, наклона, соосности и т.п.). Суммарные отклонения формы и расположения (радиальное и торцевое биение и др.). Обозначения предельных отклонений на чертежах.
Неровности. Волнистость и шероховатость. Основные параметры для оценки шероховатости. Обозначение шероховатости на чертежах.

2.1.4.3.5 НЕРАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Виды неразъемных соединений. Требования, предъявляемые к неразъемным соединениям.

Соединения заклепками.

Области применения заклепочных соединений. Разновидности заклепок. Материалы, применяемые для изготовления заклепок. Виды заклепочных соединений. Виды повреждений заклепочных соединений и критерии их работоспособности. Расчет заклепочного соединения по напряжениям среза заклепок. Расчеты заклепочного соединения по напряжениям смятия боковых поверхностей заклепок и по напряжениям разрыва соединяемых листов по наиболее нагруженным сечениям. Определение минимально допустимого расстояния заклепочного шва от края соединяемых листов.

Сварные соединения.

Виды сварки (газовая, электродуговая, электроконтактная). Их характеристики. Области применения сварных соединений. Достоинства и недостатки сварных соединений. Виды сварных соединений: стыковые, нахлесточные,

тавровые, угловые. Односторонний шов. Двусторонний шов. Разновидности сварных швов по расположению шва относительно нагрузки: фронтальные, фланговые, косые, комбинированные. Достоинства и недостатки сварных соединений. Материалы и допускаемые напряжения. Расчеты на прочность стыковых фронтального и углового швов. Расчет на прочность нахлесточных сварных соединений (фронтальных и фланговых). Расчет на прочность таврового сварного соединения. Расчет на прочность точечного сварного шва.

2.1.4.3.6 РАЗЪЕМНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ

Резьбовые соединения. Достоинства и недостатки резьбовых соединений.

Резьба и ее параметры. Разновидности резьб по форме профиля резьбы. Правая резьба. Левая резьба. Разновидности резьб по их назначению. Крепежные резьбы. Ходовые резьбы. Области применения различных видов резьб.

Крепежные детали и типы соединений. Болты, винты, шпильки, гайки. Соединения болтом, винтом, шпилькой. Назначение шайб. Виды шайб. Конструктивные формы головок болтов, винтов, гаек и шайб. Материалы крепежных деталей. Способы защиты крепежных деталей от коррозии.

Расчеты на прочность элементов резьбы по напряжениям растяжения, среза и смятия. Расчет ненапряженного (незатянутого) резьбового соединения при действии на него осевой нагрузки. Расчет напряженного резьбового соединения при действии на него осевой нагрузки. Расчет ненапряженного болтового беззазорного соединения при действии на него поперечной нагрузки. Расчет напряженного болтового соединения с зазором при действии на него поперечной нагрузки.

Шпоночные соединения. Области применения.

Призматические шпонки. Клиновые шпонки. Сегментные шпонки. Материалы, применяемые для изготовления шпонок. Ненапряженные шпоночные соединения. Напряженные шпоночные соединения. Расчет шпоночного соединения по напряжениям смятия боковых поверхностей. Расчет шпоночного соединения по напряжениям среза.

Шлицевые соединения. Области применения.

Разновидности шлицевых соединений по форме поперечного сечения шлицы. Способы центрирования шлицевых соединений. Расчет шлицевого соединения по напряжениям смятия боковых поверхностей.

Штифтовые соединения. Области применения.

Виды штифтов. Материалы, применяемые для изготовления штифтов. Расчет штифтового соединения по напряжениям смятия боковых поверхностей. Расчет штифтового соединения по напряжениям среза.

2.1.4.3.7 ПЕРЕДАТОЧНЫЕ МЕХАНИЗМЫ С КРУГЛЫМИ КОЛЕСАМИ

2.1.4.3.7.1 ВВЕДЕНИЕ

В разделе «Передачные механизмы с круглыми колесами» студент должен ознакомиться с принципиальными основами расчета и проектирования передач механических приводов машин. Рационально спроектированный и правильно изготовленный привод должен быть долговечным, ремонтпригодным, экономичным в эксплуатации, безопасным при обслуживании и иметь минимально возможные габариты.

С учетом одного или нескольких вышеперечисленных критериев и ведется расчет, цель которого - определение размеров элементов передач привода. При этом расчеты необходимо увязывать с экономическими требованиями, так как детали должны быть работоспособны в течение всего заданного срока службы при минимальных затратах на их изготовление и эксплуатацию.

2.1.4.3.7.2 ФРИКЦИОННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Фрикционная передача. Принцип работы фрикционной передачи. Разновидности фрикционных передач. Достоинства фрикционных передач. Недостатки фрикционных передач. Области применения фрикционных передач.

Фрикционные вариаторы. Принцип действия фрикционных вариаторов. Области применения фрикционных вариаторов.

Кинематика фрикционной передачи. Коэффициент скольжения. Передаточное отношение фрикционной цилиндрической передачи. Передаточное отношение конической фрикционной передачи.

Усилия во фрикционных передачах. Момент сопротивления. Полезная окружная сила. Усилие прижатия катков. КПД фрикционных передач и вариаторов. Виды повреждения элементов фрикционной передачи.

Критерии работоспособности фрикционной передачи. Расчет фрикционной передачи на прочность по контактным напряжениям. Расчет фрикционных передач на износостойкость.

2.1.4.3.7.3 РЕМЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Классификация ременных передач (по форме поперечного сечения ремня). Типы приводных ремней. Клиновые ремни. Их разновидности. Достоинства ременных передач. Недостатки ременных передач. Области применения ременных передач.

Геометрия ременной передачи. Принцип действия ременной передачи.

Усилия в ветвях ременной передачи при холостом ходе. Усилия в ременной передаче под нагрузкой. Упругое скольжение. Дуги скольжения. Уг-

лы скольжения. Буксование. Натяжение ветвей ремня. Напряжения в ремне. Кинематика ременных передач. Передаточное отношение ременной передачи.

Основные критерии работоспособности ременной передачи - тяговая способность и долговечность ремней. Расчет плоскоремненной передачи по тяговой способности. Расчет клиноремненной передачи по тяговой способности. Расчет ремня на циклическую долговечность.

КПД ременной передачи. Давления на валы в ременных передачах. Шкивы ременных передач.

2.1.4.3.7.4 ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Области применения цепных передач. Классификация цепей по их назначению. Разновидности приводных цепей. Конструкция роликовой приводной цепи. Маркировка роликовых приводных цепей.

Звездочки цепных передач. Материалы деталей цепей и звездочек.

Кинематика цепной передачи.

Усилия в цепной передаче. Окружное усилие. Сила натяжения. Динамическая нагрузка. Причина появления динамической нагрузки. Нагрузка на валы цепной передачи. Основные параметры цепной передачи.

Вид повреждений элементов цепной передачи. Критерии работоспособности цепной передачи.

Порядок проектирования цепной передачи (по износостойкости элементов передачи).

Методы регулировки натяжения цепной передачи. Способы смазки цепной передачи.

2.1.4.3.7.5 ЗУБЧАТЫЕ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ПЕРЕДАЧИ

Общие сведения.

Области применения. Разновидности зубчатых передач. Достоинства зубчатых передач по сравнению с передачами других видов. Недостатки зубчатых передач.

Зубчатое зацепление.

Шестерня. Колесо. Тело зубчатого колеса. Венец зубчатого колеса. Профиль зуба. Основной закон зацепления. Передаточное отношение. Условие постоянства передаточного отношения. Полус зацепления. Сопряженные профили.

Эвольвентное зацепление.

Эвольвента. Эволюта. Основная окружность. Радиусы кривизны эвольвенты. Линия зацепления. Угол зацепления. Эвольвентное зацепление с круглыми колесами и его свойства. Начальные окружности. Взаимосвязь начальной и основной окружностей эвольвентного круглого колеса. Межосевое расстояние. Шаг по основной окружности. Коэффициент перекрытия. Исход-

ный контур. Параметры исходного контура. Модуль. Взаимосвязь между модулем и шагом. Окружность впадин. Окружность вершин зуба. Зуб. Головка зуба. Ножка зуба. Угловой шаг. Окружная толщина зуба. Окружная ширина впадины. Окружной шаг. Окружной модуль. Делительная окружность. Делительный модуль (модуль). Передаточное число.

Определение геометрических параметров эвольвентной цилиндрической прямозубой передачи через модуль, число зубьев шестерни, передаточное число и угол зацепления.

Методы изготовления зубчатых колес.

Метод копирования. Метод обкатки.

Косозубая цилиндрическая передача.

Образование боковой поверхности зуба косозубого колеса. Поле зацепления. Делительная линия зуба. Делительный угол наклона линии зуба. Делительный окружной шаг. Нормальный шаг. Связь между окружным и нормальным шагами. Осевой шаг. Связь между нормальным и осевым шагами. Окружной модуль. Нормальный модуль. Связь между нормальным, окружным и осевым модулями. Определение межосевого расстояния, диаметра делительной окружности, диаметра окружности вершин, диаметра окружности впадин через нормальный модуль, число зубьев шестерни, передаточное число и делительный угол наклона линии зуба. Коэффициент перекрытия косозубой цилиндрической передачи. Получение прямозубой цилиндрической передачи, эквивалентной косозубой цилиндрической передаче. Эквивалентное число зубьев.

Шевронная передача.

Особенности геометрии шевронной передачи.

Сила в зацеплении эвольвентной цилиндрической прямозубой передачи. Определение составляющих силы в зацеплении через крутящий момент на шестерне (или на колесе) и геометрические параметры передачи.

Виды разрушений зубьев: контактное выкрашивание, абразивный износ, заедание, пластический сдвиг, отслаивание поверхностных частиц материала зуба, излом (усталостный и от перегрузок).

Материалы зубчатых колес и их термическая или химико-термическая обработка.

Допускаемые контактные напряжения. Допускаемые напряжения изгиба для неревверсивных передач. Допускаемые напряжения изгиба для реверсивных передач.

Номинальная нагрузка. Расчетная нагрузка. Коэффициент нагрузки. Составляющие коэффициента нагрузки: коэффициент неравномерности распределения нагрузки, коэффициент динамичности, коэффициент, учитывающий одновременное участие в передаче нагрузки нескольких пар зубьев.

Расчет на контактную прочность активных поверхностей зубьев. Условие прочности. Формула Герца. Нормальная сила в зацеплении. Радиусы кривизны эвольвент. Приведенный радиус кривизны. Формула для определения минимально допускаемого диаметра шестерни. Формула для определения

минимально допускаемого межосевого расстояния.

Особенности расчета эвольвентной косозубой цилиндрической передачи на контактную прочность.

Расчет зубьев эвольвентной цилиндрической прямозубой передачи по изгибным напряжениям. Условие прочности при изгибе. Составляющая нормальной силы, изгибающая зуб. Составляющая нормальной силы, сжимающая зуб. Опасное сечение при изгибе. Изгибающий момент, действующий на зуб. Формула для определения напряжений изгиба в опасном сечении. Формула для определения напряжений сжатия в зубе. Формула для определения суммарного номинального напряжения на растянутой стороне зуба. Коэффициент формы зуба. Зависимость величины коэффициента формы зуба от числа зубьев. Напряжения в опасном сечении с учетом концентрации.

Особенности расчета эвольвентной косозубой цилиндрической передачи на контактную прочность по сравнению с расчетом эвольвентной прямозубой цилиндрической передачи. Особенности расчета эвольвентной косозубой цилиндрической передачи на изгибную прочность по сравнению с расчетом эвольвентной прямозубой цилиндрической передачи.

2.1.4.3.7.6 ЗУБЧАТЫЕ ПРОСТРАНСТВЕННЫЕ ПЕРЕДАЧИ

Конические передачи.

Области применения. Разновидности конических передач. Особенности компоновки механизма с коническими колесами.

Ортогональные конические передачи. Начальные конуса. Углы при вершинах начальных конусов. Делительные конусы. Конусы вершин. Конусы впадин. Конусное расстояние. Передаточное отношение конической ортогональной передачи. Определение величины передаточного отношения через диаметры начальных конусов, через углы при вершинах начальных конусов. Наружные дополнительные конусы. Средние дополнительные конусы. Расчетный дополнительный конус. Диаметр делительной окружности на наружном дополнительном конусе. Максимальный модуль. Диаметр делительной окружности на среднем дополнительном конусе. Средний расчетный модуль. Высота делительной головки зуба на наружном дополнительном конусе. Высота делительной головки зуба на среднем дополнительном конусе. Высота делительной ножки зуба на наружном дополнительном конусе. Высота делительной ножки зуба на среднем дополнительном конусе. Получение цилиндрической зубчатой передачи, эквивалентной ортогональной конической передаче. Выражение параметров эквивалентной цилиндрической передачи через параметры ортогональной конической передачи.

Составляющие силы, действующей в зацеплении ортогональной прямозубой конической передачи.

Расчет прямозубой конической ортогональной передачи на контактную прочность.

Расчет зубьев конической ортогональной прямозубой передачи по на-

пряжениям изгиба.

Червячные передачи.

Области применения червячных передач. Разновидности червячных передач. Достоинства червячных передач по сравнению с другими зубчатыми передачами. Недостатки червячных передач по сравнению с другими зубчатыми передачами.

Червячная передача с цилиндрическим архимедовым червяком. Однозаходный червяк. Многозаходные червяки. Геометрия червячной передачи с цилиндрическим архимедовым червяком. Основные геометрические и кинематические соотношения в червячной передаче с цилиндрическим архимедовым червяком.

Составляющие силы, действующие в зацеплении червячной передачи с цилиндрическим архимедовым червяком.

Материалы, применяемые для изготовления червячных передач.

Допускаемые напряжения.

Расчет зубьев колеса червячной передачи с цилиндрическим архимедовым червяком на контактную прочность.

Расчет зубьев колеса червячной передачи с цилиндрическим архимедовым червяком по напряжениям изгиба.

КПД червячной передачи. Тепловой расчет червячной передачи.

2.1.4.3.8 ВАЛЫ И ОСИ

Вал. Его назначение. Ось. Ее назначение. Простой вал (вал). Торсионный вал. Прямой вал. Коленчатый вал. Гибкий вал. Сплошной вал. Конструкция валов и осей. Цапфа. Шип. Шейка. Пята. Требования к цапфам. Упорные буртики. Радиусная галтель. Канавка. Шпоночные пазы. Шлицы. Материалы валов. Термическая и термохимическая обработки валов.

Критерии работоспособности валов. Статическая прочность. Усталостная прочность. Жесткость. Антивибрационные свойства.

Предварительный (проектный) расчет на статическую прочность.

Проектирование вала. Построение расчетной схемы.

Определение нагрузок, действующих на вал. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов, действующих на вал. Определение нормальных и касательных напряжений в наиболее опасных сечениях вала. Определение эквивалентных напряжений в наиболее опасных сечениях вала. Определение запаса прочности.

Проверочный расчет вала на усталостную прочность с учетом всех основных факторов, влияющих на усталостную прочность. Допускаемый коэффициент запаса прочности (коэффициент безопасности). Проверка вала на жесткость. Максимальный угол закручивания вала.

2.1.4.3.9 МУФТЫ

Назначение муфт. Классификация муфт. Выбор типа муфты.

Подбор муфты по крутящему моменту и точности изготовления и монтажа соединяемых валов.

2.1.4.3.10 ОПОРЫ ВАЛОВ И ОСЕЙ

Общие понятия. Назначение опор. Требования, предъявляемые к опорам. Виды опор.

Подшипники скольжения.

Достоинства подшипников скольжения. Недостатки подшипников скольжения. Разновидности подшипников скольжения по виду трения скольжения. Разновидности подшипников скольжения по виду воспринимаемой нагрузки. Виды повреждений и критерии работоспособности подшипников скольжения. Методы оценки надежности подшипников скольжения. Конструкции подшипников скольжения. Материалы деталей подшипников скольжения. Смазочные материалы и методы ввода их в подшипники скольжения.

Подшипники качения.

Принцип работы подшипников качения. Устройство подшипников качения. Достоинства и недостатки подшипников качения (по сравнению с подшипниками скольжения). Классификация подшипников качения (по форме тел качения; по направлению воспринимаемых сил; по способности самоустанавливаться; по числу рядов тел качения; по габаритным размерам при одном и том же внутреннем диаметре). Маркировка подшипников качения. Основные эксплуатационные характеристики подшипников качения. Сравнительная оценка подшипников качения. Точность подшипников качения. Быстроходность подшипников качения. Материалы деталей подшипников качения.

Несущая способность подшипников качения. Основные виды повреждений подшипников качения. Распределение нагрузки между телами качения. Контактные напряжения в подшипниках качения. Статическая грузоподъемность подшипника качения. Эквивалентная нагрузка. Динамическая грузоподъемность подшипника качения. Кривая усталости. Условие прочностной надежности подшипника качения. Номинальная долговечность подшипника качения. Расчетная долговечность подшипника, выраженная в миллионах оборотов вращающегося кольца. Расчетная долговечность подшипника качения, выраженная в часах работы. Коэффициент долговечности, зависящий от степени вероятности безотказной работы. Коэффициент долговечности, зависящий от материалов, применяемых для изготовления деталей подшипника и условий его эксплуатации. Эквивалентная динамическая нагрузка. Приведенная нагрузка для подбора подшипников качения. Подбор подшипников по динамической грузоподъемности. Условие работоспособности подшипника качения. Конструкции подшипниковых узлов.

Посадки колец подшипника. Способы фиксации подшипников в корпусе: а) осевым фиксированием вала в двух направлениях в одной опоре, другая опора - плавающая; б) фиксированием вала в двух опорах (в каждой опоре - в одном направлении).

2.1.4.3.11 СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ. СПОСОБЫ СМАЗКИ. УПЛОТНЕНИЯ

Назначение смазки. Виды смазки: жидкие масла, кальциевые смазки (солидолы), литиевые смазки, натриевые смазки (консталины), твердые смазки. Способы подачи смазочных материалов к деталям и узлам: разовое или периодическое закладывание; окунанием в масляную ванну; подача смазки фитилями или дозирующими масленками; разбрызгиванием; циркуляционная смазка. Условия применения различных способов подачи смазки.

Назначение уплотнений. Уплотнения неподвижных соединений. Уплотнения подвижных соединений. Контактные уплотнения (манжеты, уплотнения по торцевым поверхностям и т.п.). Область применения контактных уплотнений. Конструкции контактных уплотнений. Подбор манжет. Бесконтактные уплотнительные устройства (щелевое уплотнение, лабиринтное уплотнение и т.п.).

Мазеудерживающие кольца. Конструкция мазеудерживающего кольца. Его назначение. Маслоотражательные кольца. Конструкция маслоотражательного кольца. Его назначение.

2.2 ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

2.2.1 ЛИТЕРАТУРА

1. Сахипова Р.М. Составление кинематических схем и структурный анализ механизмов. - Томск: изд. ТПИ, 1985.
2. Корняков О.Г., Мальцев П.Т. Кинематический анализ зубчатых механизмов. - Томск: изд. ТПИ, 1981.
3. Горбенко В.Т. Определение основных геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес методом обмера. - Томск: изд. ТПИ, 1989.
4. Мурин А.В. Усталостные испытания конструкционных материалов. - Томск: изд. ТПИ, 1989.
5. Мурин А.В., Асеева Т.А. Зубчатые редукторы. Изучение устройства, определение геометрических и нагрузочных характеристик цилиндрических эвольвентных передач. - Томск: изд. ТПИ, 1989.
6. Мурин А.В. Изучение конструкций червячных редукторов. - Томск: изд. ТПИ, 1985.

2.2.2 ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

2.2.2.1. Кинематический анализ механизмов.

Целью работы является приобретение навыка составления кинематической схемы механизма по реальному механизму, умения представлять за кинематической схемой реальный механизм.

Работа проводится на натуральных механизмах.

Форма отчетности - отчет о проделанной лабораторной работе в виде кинематических схем механизмов и структурного анализа этих схем.

2.2.2.2. Определение коэффициента трения скольжения при движении тела по наклонной плоскости при сухом трении.

Целью работы является: определение коэффициента трения на наклонной плоскости.

Работа проводится на лабораторной установке.

Форма отчетности - отчет о проделанной лабораторной работе в виде таблиц, расчетных формул и таблицы конечных результатов работы.

2.2.2.3. Испытание стального образца на растяжение.

Целью работы является приобретение навыков определения механических характеристик конструкционного материала.

Работа проводится на лабораторной установке.

Форма отчетности - отчет о проделанной лабораторной работе в виде таблиц наблюдений и характеристик материала.

2.2.2.4. Усталостные испытания конструкционных материалов.

Целью работы является ознакомление с методикой усталостных испытаний и практическими методами определения предела усталостной выносливости материала.

Эксперимент проводится на машине для испытания на усталость типа НУ.

Форма отчетности - отчет о проделанной работе в виде таблицы исходных данных, расчетных формул, таблицы результатов испытаний, графиков.

2.2.2.5. Вычерчивание зубьев эвольвентного профиля методом обкатки инструментом реечного типа.

Целью работы является наглядное ознакомление с методами изготовления зубьев, с получением эвольвентных профилей зубьев при смещениях инструмента.

Работа проводится на приборе ТММ-42.

Форма отчетности - отчет о проделанной работе в виде чертежа с полученными профилями и необходимыми расчетами..

2.2.2.6. Определение основных геометрических параметров эвольвентных зубчатых колес методом обмера.

Целью работы является обучение студента применению его знаний теории передач на практике и закреплению этих знаний.

Работа проводится на реальных зубчатых колесах с применением спе-

циального мерительного инструмента.

Форма отчетности - отчет о проделанной лабораторной работе в виде чертежа зубчатого колеса со всеми необходимыми размерами и таблицей параметров этого колеса.

2.2.2.7. Зубчатые редукторы. Изучение устройства, определение геометрических и нагрузочной характеристик цилиндрических эвольвентных передач.

Целью работы является изучение типовых и стандартных зубчатых редукторов, измерение их габаритных, присоединительных и установочных размеров.

Лабораторная работа проводится на натуральных образцах редукторов с применением мерительного инструмента.

Форма отчетности - отчет о проделанной работе в виде таблиц исходных данных, расчетных формул и таблиц с окончательными результатами работы.

2.2.2.8. Изучение конструкций червячных редукторов.

Целью работы является изучение типовых и стандартных червячных редукторов, измерение их габаритных, присоединительных и установочных размеров.

Лабораторная работа проводится на натуральных образцах редукторов с применением мерительного инструмента.

Форма отчетности - отчет о проделанной работе в виде таблиц исходных данных, расчетных формул и таблиц с окончательными результатами работы.

2.2.2.9. Разъемные соединения.

Целью работы является изучение типовых разъемных соединений, методов их расчетов, монтажа и демонтажа.

Лабораторная работа проводится на натуральных образцах соединений.

Форма отчетности - отчет о проделанной работе в виде схем соединений и расчетов на прочность.

2.3 ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

2.3.1. Составление кинематических схем и структурный анализ механизмов

2.3.2. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов. Построение планов скоростей.

2.3.3. Кинематический анализ плоских рычажных механизмов. Построение планов ускорений.

2.3.4. Расчеты на прочность при растяжении (сжатии). Определение деформаций. Построение эпюр.

2.3.5. Расчеты на прочность при изгибе. Определение реакций в опорах двухопорной и консольной балок. Построение эпюр. Определение минимально допустимого поперечного сечения балки при его заданной форме.

2.3.6. Опоры и направляющие. Подшипники качения. Типы подшипников качения – по форме тел качения, по числу рядов тел качения, по воспринимаемым нагрузкам, по возможности самоустанавливания. Серии подшипников качения – по нагрузочной способности. Классы точности подшипников качения. Подбор подшипников качения по динамической грузоподъемности.

2.3.7. Смазка и уплотнение опор. Назначение смазки. Свойства смазочных веществ. Области применения жидких смазок. Области применения консистентных смазок. Способы подачи смазочного материала к поверхностям трения опоры.

2.3.8. Стандартизация. Взаимозаменяемость. Допуски и посадки. Охватывающая и охватываемая поверхности - отверстие и вал. Номинальный размер детали. Номинальный размер соединения. Действительный размер. Предельные размеры - наибольший и наименьший. Отклонение размера. Верхнее и нижнее предельные отклонения. Допуск размера. Нулевая линия. Поле допуска. Квалитеты. Посадка. Зазор. Натяг. Переходная посадка.

2.3.9. Системы посадок. Система отверстия. Основное отверстие. Система вала. Основной вал. Внесистемные посадки. Основная характеристика посадки.

Шероховатость поверхностей. Влияние шероховатости на качество соединений. Параметры шероховатости. Обозначение шероховатости на чертежах деталей.

2.4 КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

Курсовой проект является завершающим этапом при изучении курса «Механика». Целью курсового проектирования является развитие навыков самостоятельной работы при решении комплексной задачи по расчету и конструированию машин.

Весьма различные машины и механизмы в большинстве своем состоят из однотипных по служебным функциям деталей и сборочных единиц. Поэтому одни и те же методы анализа, расчета и проектирования находят применение в достаточно далеких друг от друга отраслях техники. Поскольку большинство деталей машин общего назначения используются в приводах, то они и выбраны в качестве объекта курсового проектирования.

Курсовой проект охватывает основные разделы курса «Механика». При его выполнении студент, по заданным исходным данным, разрабатывает конструкцию со всеми необходимыми для этого расчетами.

При выполнении курсового проекта студент учится пользоваться справочной литературой, стандартами, типовыми программами для расчета деталей машин на персональных компьютерах и т.п. Знания и навыки, приобретенные в процессе проектирования, будут служить им базой при выполнении курсовых проектов по профилирующим дисциплинам.

Время самостоятельной работы над проектом составляет ~80 часов.

2.3.1 ЛИТЕРАТУРА

1. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 1. - М.: Машиностроение, 1992.
2. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 2. - М.: Машиностроение, 1992.
3. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Т. 3. - М.: Машиностроение, 1992.
4. Бакуменко В.И. и др. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования. Т. 1. – М.: Машиностроение, 1997.
5. Бакуменко В.И. и др. Краткий справочник конструктора нестандартного оборудования. Т. 2. – М.: Машиностроение, 1997.
6. Гурин В.В. Проектирование приводов машин. - Томск: изд. ТПУ, 1994.
7. Гурин В.В., Рудаченко А.В. Расчет и проектирование клиноременных передач. - Томск: изд. ТПИ, 1983.
8. Гурин В.В., Морозов Г.М., Мушин А.В. Проектирование приводов машин: Индивидуальные технические задания на курсовой проект и методические указания по его выполнению. - Томск: Изд. ТПУ, 1998.
9. Гурин В.В., Морозов Г.М. Проектирование приводов машин. Учебное пособие. - Томск: изд. ТПУ, 1999.
10. Гурин В.В., Замятин В.М. Расчет и конструирование узлов и деталей машин. Учебное пособие. – Томск: изд. ТПУ, 2003.
11. Гурин В.В., Замятин В.М. Расчет и конструирование узлов и деталей машин. Справочное пособие. – Томск: изд. ТПУ, 2003.
12. Гурин В.В., Замятин В.М., Попов А.М. Детали машин. Курсовое проектирование: Учебн. для вузов / Томск: Том. политех. ун-т. – Томск, 2007. – 583 с.
13. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. - М.: Высшая школа, 1978.
14. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин. - М.: Высшая школа, 1984.
15. Дунаев П.Ф., Леликов П.А. Детали машин. Курсовое проектирование. - М.: Высшая школа, 1984.
16. Кузьмин А.В. и др. Курсовое проектирование деталей машин. Часть 1. - Минск: Вышэйшая школа, 1982.
17. Кузьмин А.В. и др. Курсовое проектирование деталей машин. Часть 2. - Минск: Вышэйшая школа, 1982.
18. Орлов П.И. Основы конструирования. Т. 1. - М.: Машиностроение, 1988.
19. Орлов П.И. Основы конструирования. Т. 2. - М.: Машиностроение, 1988.
20. Тарабасов Н.Д., Учайев П.Н. Проектирование деталей и узлов маши-

ностроительных конструкций. - Л.: Машиностроение, 1983.

21. Чернавский С.А. и др. Проектирование механических передач. - М.: Машиностроение, 1984.

22. Шейнблит А.Е. Курсовое проектирование деталей машин. - М.: Высшая школа, 1991.

2.3.2 СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Курсовой проект состоит из расчетно-пояснительной записки объемом 25-35 страниц и графической части работы объемом 3 листа формата А1.

2.3.2.1 РАСЧЕТ И ЭСКИЗНЫЙ ПРОЕКТ

Расчет и эскизный проект (см. п.п. 2.4.3.2-2.4.3.16 нижеприведенной таблицы) следует выполнить **для всего привода**, состоящего из асинхронного электродвигателя, муфты, одноступенчатого редуктора и открытой передачи.

Должен быть выполнен **общий вид привода на стадии «Эскизный проект»** с максимальными упрощениями (по ГОСТ 2.119-73 и другим стандартам ЕСКД). На этой стадии проектирования разрабатывается схема деления изделия на составные части (по ГОСТ 2.711-82). Составные части изделия изображают упрощенно, если при этом понятны конструктивное устройство, взаимодействие составных частей и принцип работы изделия.

Эскизный проект привода должен быть выполнен карандашом на бумаге с миллиметровой сеткой или на чертежной бумаге. Возможно выполнение чертежей на персональном компьютере (при использовании программ AutoCAD 14 или AutoCAD 2000) с распечаткой результатов на принтере или на плоттере.

При выполнении эскизного проекта привода студент должен решить ряд конструкторских задач:

- выбрать и разработать конструкции основных деталей с учетом максимального обеспечения их технологичности;
- выбрать типы соединений деталей, способы фиксации деталей на валах;
- выбрать способы фиксации валов в опорах;
- предусмотреть возможность сборки и разборки узлов, регулировки зазоров в зацеплениях зубчатых колес и в подшипниках;
- предусмотреть возможность натяжения ремня в ременной передаче и цепи - в цепной;
- выбрать системы смазки зацепления и подшипников;
- выбрать виды уплотняющих устройств.

На эскизном чертеже общего вида привода должны быть приведены:
- габаритные, установочные и присоединительные размеры (причем установочные и присоединительные размеры должны быть с предельными

отклонениями);

- номера позиций сборочных единиц, составляющих привод, и номера деталей не вошедших в сборочные единицы;
- техническая характеристика привода;
- технические требования.

2.3.2.2 ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОЕКТ

Технический проект (см. п.п. 2.4.3.17-2.4.3.20 нижеприведенной таблицы) следует выполнить только **для одноступенчатого редуктора (зубчатого или червячного)**. Должен быть выполнен общий вид редуктора привода в достаточном для полного представления всех элементов редуктора количестве проекций с необходимыми разрезами, сечениями.

Так как при выполнении курсового проекта не прорабатывается полный пакет конструкторской документации по редуктору, то в учебном проектировании при разработке технического проекта редуктора упрощения не допускаются, за исключением того, что можно не указывать на чертеже мелкие элементы: фаски, скругления, углубления, выступы, насечки, рифление, надписи на табличках и т.п.

На **чертеже общего вида редуктора** должны быть:

- изображены виды, разрезы и сечения редуктора, нанесены надписи и текстовая часть, необходимые для понимания конструктивного устройства редуктора, взаимодействия его составных частей и принципа работы редуктора;

- указаны все посадочные размеры с обозначением посадок по ГОСТ 25346--82 и ГОСТ 25347-82;

- указаны габаритные, межосевые, установочные и присоединительные размеры, (причем межосевые, установочные и присоединительные размеры должны быть с предельными отклонениями);

указаны номера позиций деталей;

- приведена техническая характеристика редуктора;
- приведены технические требования.

Технический проект редуктора должен быть выполнен карандашом только на чертежной бумаге. Возможно выполнение чертежей на персональном компьютере (при использовании программ AutoCAD 14 или AutoCAD 2000) с распечаткой результатов на принтере или на плоттере.

2.3.2.3 РАБОЧАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

На стадии проектирования «Рабочая документация» на основании чертежа общего вида разрабатываются, в соответствии с ГОСТ 2.109-73, чертежи деталей, сборочный чертеж со спецификацией, монтажный (или электромонтажный) чертеж, габаритный и упаковочный чертежи.

При учебном проектировании монтажный (электромонтажный), габаритный и упаковочный чертежи не разрабатываются.

При выполнении курсового проекта из **рабочей документации** выполнению (см. п.п. 2.4.3.21, 2.4.3.22 нижеприведенной таблицы) подлежат только:

- спецификация на привод;
- спецификация на редуктор;
- рабочий чертеж на выходной вал редуктора;
- рабочий чертеж на выходное колесо редуктора (для редукторов с цилиндрическими и коническими зубчатыми колесами);
- сборочный чертеж червячного колеса (для червячных редукторов);
- спецификация на червячное колесо (для червячных редукторов).

Сборочный чертеж червячного колеса и рабочие чертежи деталей должны быть выполнены карандашом только на чертежной бумаге. Возможно выполнение чертежей на персональном компьютере (при использовании программ AutoCAD 14 или AutoCAD 2000) с распечаткой результатов на принтере или на плоттере.

Техническое задание на проектирование, все расчеты и обоснования технических решений при проектировании привода и редуктора, список использованной технической литературы приводятся в пояснительной записке.

2.3.3 РЕКОМЕНДУЕМЫЙ ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ ПРОЕКТА

Выполнение проекта рекомендуется проводить в порядке, приведённом в нижеприведенной таблице.

Результаты решения каждой расчетной (или расчетно-графической) задачи целесообразно приводить в табличном виде. Все расчеты выполнять в единицах СИ.

Оформление текстовой части проекта производить в соответствии с требованиями существующих стандартов на оформление текстовых документов.

Графические работы выполнять в соответствии с требованиями ЕСКД.

Этапы выполнения проекта
2.3.3.1. Ознакомление с заданием. Изучение кинематической схемы привода.
2.3.3.2. Определение требуемой мощности асинхронного электродвигателя и частоты вращения его ротора. Подбор электродвигателя по каталогу
2.3.3.3. Определение значения общего передаточного числа привода и его разбивка по ступеням
2.3.3.4. Определение мощностей, частот вращения, угловых скоростей и крутящих моментов на отдельных элементах привода

2.3.3.5. Выбор материалов колес передачи редуктора (закрытой передачи) или материалов червяка и венца червячного колеса (для червячных редукторов) и определение их механических характеристик
2.3.3.6. Определение размеров элементов закрытой зубчатой (или червячной) передачи на основании расчета на усталостную контактную прочность
2.3.3.7. Эскизная проработка конструкций элементов закрытой зубчатой (или червячной) передачи с необходимым округлением значений размеров до стандартных или рекомендуемых
2.3.3.8. Проверка прочности зубьев колес закрытой зубчатой передачи (или зубьев колеса червячной передачи) по контактным напряжениям и (при необходимости) корректировка размеров передачи
Этапы выполнения проекта
2.3.3.9. Определение составляющих силы в зацеплении закрытой зубчатой (или червячной) передачи
2.3.3.10. Проверка прочности зубьев колес закрытой зубчатой передачи (или колеса червячной передачи) по изгибным усталостным напряжениям и (при необходимости) корректировка размеров передачи
2.3.3.11. Расчет клиноременной передачи (если она есть в заданной схеме привода). Эскизная проработка конструкций элементов клинременной передачи. Расчет цепной передачи (если она есть в заданной схеме привода). Эскизная проработка конструкций элементов цепной передачи Расчет открытой зубчатой передачи (если она есть в заданной схеме привода). Эскизная проработка элементов открытой зубчатой передачи
2.3.3.12. Проектный расчет валов привода. Предварительный выбор схем подшипниковых узлов, подбор подшипников качения и соединительных муфт. Расчет шпоночных соединений.
2.3.3.13. Определение коэффициента полезного действия (КПД) червячной передачи и тепловой расчет (для червячных редукторов). Обоснование выбора способов смазки элементов привода и назначение смазочных материалов для элементов привода
2.3.3.14. Эскизная компоновка привода
2.3.3.15. Определение реакций в опорах привода
2.3.3.16. Проверка ранее назначенных подшипников качения привода по динамической грузоподъемности и по долговечности (в случае необходимости – корректировка типоразмеров подшипников)
2.3.3.17. Конструктивная компоновка привода
2.3.3.18. Проверочные расчеты валов редуктора. Построение эпюр изгибающих и крутящих моментов. Определение коэффициентов безопасности (коэффициентов запаса прочности) для возможных опасных поперечных сечений входного и выходного валов редуктора

2.3.3.19. Нанесение размеров, номеров позиций. Назначение необходимых допусков и посадок.

2.3.3.20. Окончательное оформление чертежей общего вида редуктора. Выполнение текстовой части чертежей общего вида редуктора

2.3.3.21. Выполнение рабочих чертежей выходного вала редуктора и выходного колеса редуктора

2.3.3.22. Оформление текстовой документации проекта (пояснительной записки и спецификаций)

2.3.3.23. Защита проекта