

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Луганский государственный университет имени Владимира Даля»

Институт технологий и инженерной механики  
Кафедра «Технология машиностроения и инженерный консалтинг»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ  
«ДЕТАЛИ МАШИН И ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ»

По направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение

Профиль: «Цифровые технологии и машины в литейном производстве»

Луганск – 2023

Лист согласования РПУД

Рабочая программа учебной дисциплины «Детали машин и основы конструирования» по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение. – с.

Рабочая программа учебной дисциплины «Детали машин и основы конструирования» составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 9 августа 2021 года № 727.

СОСТАВИТЕЛЬ:

канд. техн. наук, доцент Муховатый А.А.

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры технологии машиностроения и инженерного консалтинга «14 04 2023 г., протокол №9

Заведующая кафедрой  
технологии машиностроения и инженерного консалтинга Витренко В.А.

Переутверждена: «  »    20   г., протокол №   

Согласована (для обеспечивающей кафедры):  
Заведующий кафедрой цифровых технологий и машин в ~~литейном~~ производстве  
Гутько Ю.И.

Переутверждена: «  »    20   года, протокол №   

Заведующий кафедрой обработки металлов давлением и сварки  
Стоянов А.А.

Переутверждена: «  »    20   года, протокол №   

Рекомендована на заседании учебно-методической комиссии института  
«18 04 2023 г., протокол № 3».

Председатель учебно-методической  
комиссии института Ясуник С.Н.

## **Структура и содержание дисциплины**

### **1. Цели и задачи дисциплины, ее место в учебном процессе**

Цель изучения дисциплины – освоение общих методов расчета и проектирования деталей и узлов машин общего назначения (соединения, передачи, валы, опоры и т.д.) для применения их при решении комплексных инженерных задач.

Задачи:

- изучение конструкций принципов работы деталей и узлов машин, инженерных расчетов по критериям работоспособности, основ проектирования и конструирования;
- формирования умения применять методы анализа и стандартные методы расчета при проектировании деталей узлов и машин;
- формирование навыков инженерных расчетов и проектирования типовых узлов машиностроительных конструкций, разработка конструкторской документации.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Детали машин и основы конструирования» относится к базовой части профессионального цикла дисциплин. Необходимыми условиями для освоения дисциплины являются: знания основных естественнонаучных законов и закономерностей, используемых в процессе изготовления продукции и производства изделий требуемого качества, основных понятий и методов решения оптимизационных задач, умения использовать физико-математический аппарат для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности, навыки применения современного математического инструментария для решения задач в профессиональной деятельности; умением оценивать результаты измерений; математическими методами и программными средствами. Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания дисциплин «Математика», «Физика», «Инженерная и компьютерная графика», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов», «Материаловедение» и служит основой для изучения специальных дисциплин конструкторского профиля по направлениям подготовки.

### **3. Требования к результатам освоения содержания дисциплины**

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
ОПК-13. Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	ОПК-13.1. Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	Знать: методику проектирования технологических процессов; порядок проектирования технологии машин; методологию формирования современной

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов
		<p>технологической базы знаний; этапы жизненного цикла машин.</p> <p>Уметь: применять методы для решения задач проектирования современной технологии машиностроения; ориентироваться в системе стандартов, правил и норм, регламентирующих взаимоотношения человека и природы; анализировать существующие и проектировать новые технологии машиностроения; применять методы для решения задач проектирования современной технологии машиностроения; способность представлять научные результаты.</p> <p>Владеть: навыками выбора технологического оборудования; умением выбрать оптимальный способ соединения деталей; современными методами управления научными основами современного машиностроения; методами решения инженерных задач; навыками формализации задач различных этапов технологического проектирования и уметь использовать прогрессивные методы разработки.</p>

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1. Объем учебной дисциплины и виды учебной работы**

Вид учебной работы	Объем часов (зач. ед.)	
	Очная форма	Заочная форма
<b>Общая учебная нагрузка (всего)</b>	<b>216 (6 зач. ед)</b>	<b>216 (6 зач. ед)</b>
<b>Обязательная контактная работа (всего) в том числе:</b>	<b>102</b>	<b>24</b>
Лекции	51	12
Семинарские занятия	-	-
Практические занятия	34	8
Лабораторные работы	17	4
Курсовая работа (курсовой проект)	36	36
Другие формы и методы организации образовательного процесса	-	-
<b>Самостоятельная работа студента (всего)</b>	<b>114</b>	<b>192</b>
Форма аттестации	экзамен/курсовой проект	экзамен/курсовой проект

### **4.2. Содержание разделов дисциплины**

#### **Тема 1. Введение.**

Основные направления развития конструкций машин. Понятия «деталь» и «узел» (сборочная единица). Общие сведения о деталях и узлах. Основные задачи курса. Связь курса с общетехническими и специальными дисциплинами.

#### **Тема 2. Общие вопросы проектирования деталей и узлов машин общего назначения.**

Основные требования к деталям и узлам машин. Понятия работоспособности, технологичности, экономичности и эргономичности. Понятие надежности, основные показатели. Методы оценки надежности деталей. Критерии работоспособности деталей и узлов машин, методы их оценки. Прочность деталей машин. Модели нагружения. Модели разрушения. Конструктивные и технологические способы повышения прочности деталей машин. Твердость деталей машин. Уточненные модели и расчеты деталей машин. Основы триботехники деталей. Методы оценки износостойкости соединений. Конструктивные и технологические способы повышения износостойкости соединений.

#### **Тема 3. Механический привод и основные типы механических передач.**

Назначение и структура механического привода. Основные характеристики привода. Назначение и классификация передач (передачи зацеплением и трением, зубчатые, червячные, планетарные, волновые, ременные, цепные, фрикционные).

## **Тема 4. Зубчатые передачи, их характеристика.**

Основные параметры зубчатых передач. Материалы и термообработка. Понятие о контактных напряжениях. Расчет контактных напряжений. Формулы Герца. Виды повреждений зубчатых передач. Критерии работоспособности. Расчет зубьев цилиндрических прямозубых передач по напряжениям изгиба. Расчетная модель и расчетные формулы. Расчет зубчатых цилиндрических передач на контактную выносливость. Определение расчетной нагрузки в передачах. Косозубые зубчатые передачи. Область применения. Геометрические и эксплуатационные особенности. Специфика расчета.

## **Тема 5. Конические зубчатые передачи.**

Классификация передач. Область применения. Геометрические и эксплуатационные особенности. Специфика расчета на контактную и изгибную выносливость. Силы, которые действуют в зубчатых передачах, и их расчет.

## **Тема 6. Червячные передачи.**

Характеристика, область применения червячных передач. Виды червяков. Стандартные параметры червячной передачи. Материалы червячных передач. Критерии работоспособности и виды поломок. Расчет допустимых напряжений. Определение коэффициента нагрузки в червячных передачах. Расчет червячных передач на контактную выносливость и на сопротивление усталости при изгибе. Коэффициент полезного действия (КПД) червячных передач и его расчет. Способы повышения КПД. Расчет червячных передач на нагрев. Расчет на жесткость вала червяка. Силы, которые действуют в червячных передачах, их расчет.

## **Тема 7. Валы и оси.**

Этапы проектирования вала. Концентраторы напряжений валов. Расчет вала на сопротивление усталости. Расчет на статическую прочность при кратковременных перегрузках.

## **Тема 8. Подшипники.**

Классификация подшипников. Подшипники качения и скольжения. Основные типы подшипников качения. Обозначения подшипников качения. Критерии работоспособности и расчета. Расчет подшипников качения по динамической грузоподъемности. Расчет подшипников качения по статической грузоподъемности.

## **Тема 9. Ременные передачи.**

Классификация ременных передач. Клинеременные передачи. Геометрия и кинематика. Силовые соотношения в клинеременных передачах. Напряжения в ремне. Критерии работоспособности и расчета. Нагрузка на валы. Порядок проектирования клинеременной передачи.

## **Тема 10. Резьбовые соединения.**

Классификация резьбовых соединений. Геометрические и силовые соотношения. Расчет на прочность резьбовых соединений. Прочность витков резьбы. Ненапряженное болтовое соединение, нагруженное внешней осевой

силой. Напряженное болтовое соединение без внешних сил. Напряженное болтовое соединение с внешней осевой силой. Болтовое соединение, нагруженное силами в плоскости стыка деталей. Болтовое соединение с эксцентричной нагрузкой. Расчет резьбовых соединений при переменных нагрузках. Допускаемые напряжения в резьбовых соединениях.

### **Тема 11. Цепные передачи с приводной роликовой цепью.**

Проектный расчет. Проверочный расчет по износостойкости. Проверочный расчет по числу ударов звеньев цепи. Проверочный расчет по коэффициенту запаса прочности. Геометрический расчет. Нагрузка на валы и натяжение цепи.

### **Тема 12. Сварные соединения.**

Типы швов и сварных соединений, условные обозначения. Расчет стыковых соединений. Расчет нахлесточных соединений. Расчет тавровых соединений. Определение допускаемых напряжений.

### **Тема 13. Шпоночные и шлицевые соединения.**

Типы шпонок и шлицев, особенности их применения. Прочностной расчет шпонок. Прочностной расчет шлицев.

### **Тема 14. Муфты.**

Выбор муфты. Конструкции и расчет упругих компенсирующих муфт. Конструкции и расчет жестких компенсирующих муфт. Конструкция и расчет предохранительной муфты.

### **Тема 15. Разработка конструкции редуктора.**

Проектирование валов, зубчатых и червячных колес, выбор подшипников и схемы их установки. Ориентировочный расчет и конструирование валов. Конструирование зубчатых и червячных колес, валов шестерен, червяков. Выбор подшипников качения и схемы их установки. Регулировка зазоров в подшипниках и передачах. Проектирование корпуса редуктора, крышек подшипников, стаканов и крепежных деталей. Расчет основных элементов корпуса редуктора. Выбор типа и конструирование крышек подшипников. Проектирование стаканов. Смазка, уплотнения, охлаждение. Смазка передач зацеплением. Смазка подшипников качения. Уплотнительные устройства. Охлаждение редукторов. Сборочный чертеж редуктора.

### **Тема 16. Чертеж общего вида привода.**

Рамы и плиты. Опорные узлы открытых передач. Порядок проектирования механического привода.

## **4.3. Лекции**

№ п/п	Название темы	Объем часов	
		Очная форма	Заочная форма
1	Тема 1. Введение.	1	-
2	Тема 2. Общие вопросы проектирования деталей и узлов машин.	2	-
3	Тема 3. Механический привод и основные типы механических передач.	2	2

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Объем часов</b>	
4	Тема 4. Зубчатые передачи, их характеристика.	6	4 -
5	Тема 5. Конические зубчатые передачи.	6	
6	Тема 6. Червячные передачи.	6	
7	Тема 7. Валы и оси.	4	
8	Тема 8. Подшипники.	4	2
9	Тема 9. Ременные передачи.	2	
10	Тема 10. Резьбовые соединения.	6	
11	Тема 11. Цепные передачи с приводной роликовой цепью	2	
12	Тема 12. Сварные соединения	2	-
13	Тема 13. Шпоночные и шлицевые соединения	2	-
14	Тема 14. Муфты	2	-
15	Тема 15. Разработка конструкции редуктора	2	2
16	Тема 16. Чертеж общего вида привода	2	2
<b>Итого:</b>		<b>51</b>	<b>12</b>

#### **4.4. Лабораторные работы**

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Объем часов</b>	
		<b>Очная форма</b>	<b>Заочная форма</b>
1	Лабораторная работа 1. Исследование болтового соединения, работающего на сдвиг	2	-
2	Лабораторная работа 2. Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора	2	2
3	Лабораторная работа 3. Изучение конструкции червячного редуктора	2	-
4	Лабораторная работа 4. Изучение конструкций подшипников качения	4	2
5	Лабораторная работа 5. Конструкции опорных узлов редукторов	3	-
6	Лабораторная работа 6. Исследование моментов сопротивления вращению в подшипниках качения	2	-
7	Лабораторная работа 7. Определение КПД червячной передачи	2	-
<b>Итого:</b>		<b>17</b>	<b>4</b>

#### **4.5. Практические (семинарские) занятия**

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Объем часов</b>	
		<b>Очная форма</b>	<b>Заочная форма</b>
1	Кинематический и силовой расчет привода	2	2
2	Расчет передач привода	6	2
3	Решение задач на тему: «Проектирование передач и элементов приводов»	18	-
4	Эскизная компоновка редуктора	2	2

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Объем часов</b>	
5	Проектирование валов привода	6	2
6	Выбор подшипников		-
<b>Итого:</b>		<b>34</b>	<b>8</b>

#### **4.6. Самостоятельная работа студентов**

<b>№ п/п</b>	<b>Название темы</b>	<b>Вид СРС</b>	<b>Объем часов</b>	
			<b>Очная форма</b>	<b>Заочная форма</b>
1	Кинематический и силовой расчет привода	Выполнение типового расчета	-	10
2	Определение допускаемых напряжений	Выполнение типового расчета	-	20
3	Проектный расчет передач	Выполнение типового расчета	-	35
4	Проверочный расчет передач	Выполнение типового расчета	-	35
5	Геометрический расчет передач	Выполнение типового расчета	-	16
6	Силовой расчет	Выполнение типового расчета	-	10
7	Лабораторная работа 1. Исследование болтового соединения, работающего на сдвиг	Подготовка к лабораторным работам	12	-
8	Лабораторная работа 2. Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора	Подготовка к лабораторным работам	12	-
9	Лабораторная работа 3. Изучение конструкции червячного редуктора	Подготовка к лабораторным работам	12	-
10	Лабораторная работа 4. Изучение конструкций подшипников качения	Подготовка к лабораторным работам	12	15
11	Лабораторная работа 5. Конструкции опорных узлов редукторов	Подготовка к лабораторным работам	12	-
12	Лабораторная работа 6. Исследование моментов сопротивления вращению в подшипниках качения	Подготовка к лабораторным работам	12	-
13	Лабораторная работа 7. Определение КПД червячной передачи	Подготовка к лабораторным работам	6	15
14	Проектирование механического привода	Выполнение курсового проекта	36	36
<b>Итого:</b>			<b>114</b>	<b>192</b>

#### **4.7. Курсовой проект по дисциплине «Детали машин и основы конструирования».**

Курсовой проект предназначен для закрепления знаний, полученных на лекционных, практических занятиях по данной дисциплине и ранее изученных общетехнических дисциплин: теоретической механики, теории машин и механизмов, сопротивления материалов, машиностроительного черчения, материаловедения. При выполнении курсового проекта студент приобретает базовые навыки инженерного конструирования деталей и узлов машин общего назначения.

Тема типового курсового проекта: «Проектирование механического привода». В состав привода в общем случае входят электродвигатель, редуктор, открытая(ые) передача(и), муфта.

Содержание курсового проекта:

1. Выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчет привода (определение общего передаточного числа привода и разбивка его по ступеням, нахождение частот вращения, крутящих моментов и мощностей для всех валов).
2. Полный расчет всех механических передач.
3. Эскизная компоновка редуктора:
  - 3.1. конструирование и расчет валов;
  - 3.2. выбор и проверка подшипников;
  - 3.3. конструирование зубчатых (червячных) колес;
  - 3.4. конструирование корпуса редуктора;
  - 3.5. выбор и проверка шпоночных (шлифовых) соединений;
  - 3.6. выбор способа смазки и типа смазочного материала для передач и подшипников.
4. Выбор и проверка муфт.
5. Расчет фундаментных болтов.
6. Разработка конструкций плиты или рамы.
7. Сборочный чертеж редуктора.
8. Рабочие чертежи деталей передач, валов и др.
9. Рабочие чертежи корпусных деталей редуктора.
10. Чертеж общего вида привода.
11. Спецификации к сборочным чертежам и к общему виду привода.

#### **5. Образовательные технологии**

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий: объяснительно-иллюстративного обучения (технология поддерживающего обучения, технология проведения учебной дискуссии), информационных технологий (визуализация, создание электронных учебных материалов), развивающих и инновационных образовательных технологий.

Практические и лабораторные занятия проводятся с использованием развивающих, проблемных, проектных, информационных (использование электронных образовательных ресурсов (электронный конспект) образовательных технологий.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины:**

### **а) основная литература:**

1. Шевченко С.В. Тесты по деталям машин: Учебное пособие. Луганск: изд-во ЛНУ им. В. Даля, 2017. – 55 с. <http://biblio.dahluniver.ru/>
2. Шевченко С.В. Детали машин. Расчеты, конструирование, задачи: Учебное пособие – Луганск.: Издательство ЛНУ им. В. Даля, 2019. – 492 с. <http://biblio.dahluniver.ru/>
3. Шевченко С.В. Детали машин. Сборник задач: учебное пособие. – 2-е изд. / С.В. Шевченко, А.А. Муховатый. - Луганск: изд-во ВНУ им. В.Даля, 2011. – 156с. <http://biblio.dahluniver.ru/>
4. Ряховский О.А., Леликов О.П. (ред.) Атлас конструкций узлов и деталей машин: Учеб. пособие / Учеб. пособие/Б. А. Байков, и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. — 400 с. [https://www.studmed.ru/ryahovskiy-o-a-lelikov-o-p-red-atlas-konstrukciy-uzlov-i-detaley-mashin\\_20f66c9308a.html](https://www.studmed.ru/ryahovskiy-o-a-lelikov-o-p-red-atlas-konstrukciy-uzlov-i-detaley-mashin_20f66c9308a.html)

### **б) дополнительная литература:**

1. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин. – Харьков: Основа, 1991. – 275 с. <http://biblio.dahluniver.ru/>
2. Баласанян Р.А. Атлас деталей машин. – Х.: Основа, 1996. – 256 с. <http://biblio.dahluniver.ru/>
3. Цехнович Л.И., Петриченко И.П. Атлас конструкций редукторов. – К.: Выща шк.. , 1990. – 151 с. <http://biblio.dahluniver.ru/>
4. Иванов М.Н. Детали машин: Учебник для вузов / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 12-е изд. испр. – М.: Высш. шк., 2008 – 408 с. [https://www.studmed.ru/ivanov-m-a-finogenov-v-a-detalimashin\\_25ce0453f28.html](https://www.studmed.ru/ivanov-m-a-finogenov-v-a-detalimashin_25ce0453f28.html)
5. Горбатюк С.М., Детали машин и оборудование: проектирование приводов / С.М. Горбатюк, С.В. Албул - М. : МИСиС, 2013. - 94 с. - ISBN 2227-8397-2013-02 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <http://www.studentlibrary.ru/book/2227-8397-2013-02>.

### **в) методические рекомендации:**

1. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Детали машин и основы конструирования» для студентов направления подготовки «Машиностроение»/ Сост. А.А. Муховатый. - Луганск: Изд-во Луганского государственного университета им. В. Даля, 20\_\_\_\_\_. – 45 с.

**г) интернет-ресурсы:**

Министерство образования и науки Российской Федерации –  
<http://минобрнауки.рф/>

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки –  
<http://obrnadzor.gov.ru/>

Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования – <http://fgosvo.ru>

Федеральный портал «Российское образование» – <http://www.edu.ru>/

Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» – [http://window.edu.ru/](http://window.edu.ru)

Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов –  
[http://fcior.edu.ru/](http://fcior.edu.ru)

**Электронные библиотечные системы и ресурсы**

Электронно-библиотечная система «StudMed.ru» –  
<https://www.studmed.ru>

**Информационный ресурс библиотеки образовательной организации**

Научная библиотека имени А. Н. Коняева – [http://biblio.dahluniver.ru/](http://biblio.dahluniver.ru)

**7. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются модели, иллюстрирующие механизмы, деформированное и напряженное состояние тел, компьютеры, программное обеспечение, иллюстративные материалы.

Лабораторные работы проводятся в аудиториях, оснащенных макетами рычажных механизмов и приводами, редукторами; шаблоны отчетов по лабораторным работам.

Программное обеспечение:

Функциональное назначение	Бесплатное программное обеспечение	Ссылки
Офисный пакет	Libre Office 6.3.1	<a href="https://www.libreoffice.org/">https://www.libreoffice.org/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice">https://ru.wikipedia.org/wiki/LibreOffice</a>
Операционная система	UBUNTU 19.04	<a href="https://ubuntu.com/">https://ubuntu.com/</a> <a href="https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu">https://ru.wikipedia.org/wiki/Ubuntu</a>
Браузер	Firefox Mozilla	<a href="http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx">http://www.mozilla.org/ru/firefox/fx</a>
Браузер	Opera	<a href="http://www.opera.com">http://www.opera.com</a>
Почтовый клиент	Mozilla Thunderbird	<a href="http://www.mozilla.org/ru/thunderbird">http://www.mozilla.org/ru/thunderbird</a>

Файл-менеджер	Far Manager	<a href="http://www.farmanager.com/download.php">http://www.farmanager.com/download.php</a>
Архиватор	7Zip	<a href="http://www.7-zip.org/">http://www.7-zip.org/</a>
Графический редактор	GIMP (GNU Image Manipulation Program)	<a href="http://www.gimp.org/">http://www.gimp.org/</a> <a href="http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8">http://gimp.ru/viewpage.php?page_id=8</a> <a href="http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP">http://ru.wikipedia.org/wiki/GIMP</a>
Редактор PDF	PDFCreator	<a href="http://www.pdfforge.org/pdfcreator">http://www.pdfforge.org/pdfcreator</a>
Аудиоплейер	VLC	<a href="http://www.videolan.org/vlc/">http://www.videolan.org/vlc/</a>

## 8. Оценочные средства по дисциплине

### **Паспорт оценочных средств по учебной дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**

Перечень компетенций (элементов компетенций), формируемых в результате освоения учебной дисциплины (модуля) или практики

№ п/ п	Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формирования (семестр изучения)
1.	ОПК-13	ОПК-13. Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	ОПК-13.1. Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	Тема 1. Введение.	5, 6
				Тема 2. Общие вопросы проектирования деталей и узлов машин.	5, 6
				Тема 3. Механический привод и основные типы механических передач.	5, 6
				Тема 4. Зубчатые передачи, их характеристика.	5, 6
				Тема 5. Конические зубчатые передачи.	5, 6
				Тема 6. Червячные передачи.	5, 6
				Тема 7. Валы и оси.	5, 6

№ п/ п	Код контролиру- емой компетенц- ии	Формулировка контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Контролируемые темы учебной дисциплины, практики	Этапы формиров- ания (семестр изучения)
				Тема 8. Подшипники.	5, 6
				Тема 9. Ременные передачи.	5, 6
				Тема 10. Резьбовые соединения.	5, 6
				Тема 11. Цепные передачи с приводной роликовой цепью	5, 6
				Тема 12. Сварные соединения	5, 6
				Тема 13. Шпоночные и шлицевые соединения	5, 6
				Тема 14. Муфты	5, 6
				Тема 15. Разработка конструкции редуктора	5, 6
				Тема 16. Чертеж общего вида привода	5, 6

### **Показатели и критерии оценивания компетенций, описание шкал оценивания**

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименова- ние оценочного средства
1.	ОПК-13. Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий	ОПК-13.1. Применяет стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий	Знать: методику проектирования технологических процессов; порядок проектирования технологии машин; методологию формирования	Тема 1,  Тема 2,  Тема 3,  Тема 4,	лабораторн- ые работы; задачи к практическим занятиям; задания к курсовому

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
	машиностроения	машиностроения	<p>современной технологической базы знаний; этапы жизненного цикла машин.</p> <p>Уметь: применять методы для решения задач проектирования современной технологии машиностроения; ориентироваться в системе стандартов, правил и норм, регламентирующих взаимоотношения человека и природы; анализировать существующие и проектировать новые технологии машиностроения; применять методы для решения задач проектирования современной технологии машиностроения; способность представлять научные результаты.</p> <p>Владеть: навыками выбора технологического оборудования; умением выбрать оптимальный способ соединения деталей; современными методами</p>	<p>Тема 5, Тема 6, Тема 7, Тема 8, Тема 9, Тема 10, Тема 11, Тема 12, Тема 13, Тема 14, Тема 15, Тема 16</p>	проекту; задания к контрольной работе, тесты.

№ п/п	Код контролируемой компетенции	Индикаторы достижений компетенции (по реализуемой дисциплине)	Перечень планируемых результатов	Контролируемые темы учебной дисциплины	Наименование оценочного средства
			управления научными основами современного машиностроения; методами решения инженерных задач; навыками формализации задач различных этапов технологического проектирования и уметь использовать прогрессивные методы разработки.		

## **Фонды оценочных средств по дисциплине «Детали машин и основы конструирования»**

### **Темы лабораторных работ**

Лабораторная работа 1. Исследование болтового соединения, работающего на сдвиг

Лабораторная работа 2. Изучение конструкции цилиндрического зубчатого редуктора

Лабораторная работа 3. Изучение конструкции червячного редуктора

Лабораторная работа 4. Изучение конструкций подшипников качения

Лабораторная работа 5. Конструкции опорных узлов в редукторах

Лабораторная работа 6. Исследование моментов сопротивления вращению в подшипниках качения

Лабораторная работа 7. Определение КПД червячной передачи

### **Вопросы к лабораторным работам**

1. Чем объясняется возможное несоответствие расчетной силы сдвига и силы, определенной экспериментом для какого-либо случая?

2. Какая наблюдается закономерность между силами сдвига и силами затяжки (или моментом  $T_{ЗАВ}$ )?

3. Что необходимо предпринять с трущимися поверхностями, чтобы

при одной и той же затяжке увеличить силу сдвига?

4. Каково назначение цилиндрического редуктора?
5. Для чего предназначены сквозные крышки подшипников редуктора?
6. Произвести классификацию цилиндрических зубчатых колес.
7. Какие бывают схемы червячных редукторов по относительному расположению червяка?
  8. Каково устройство червячной передачи?
  9. Как и для чего производится смазка в червячном редукторе?
  10. Какие материалы применяют в червячном редукторе?
  11. Как производится охлаждение в червячных редукторах?
  12. Какие факторы являются основными при выборе схемы подшипникового узла?
  13. Как обеспечивается регулировка подшипников?
  14. Какая из схем обеспечивает большую жесткость вала?
  15. Дать оценку одной из схем (по указанию преподавателя) подшипникового узла.
  16. Почему приведенные коэффициенты трения для подшипников качения являются величинами?
  17. По каким эмпирическим зависимостям можно подсчитать момент трения в подшипниках качения?
  18. Какие типы подшипников характеризуются большими и какие меньшими моментами трения?
  19. Какие факторы влияют на КПД червячного редуктора?
  20. Почему при прочих равных условиях КПД червячного редуктора увеличивается с ростом частоты вращения червяка?
  21. Каковы причины некоторого несовпадения значений КПД червячного редуктора, найденных экспериментальными и расчетными методами?

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Лабораторные работы»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме осветил рассматриваемую проблематику, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
незачтено	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

## **Задачи к практическим занятиям**

### **Задача 1.1**

На сколько процентов больше запас прочности по выкрашиванию имеет быстроходная передача соосного редуктора, рис. П4\*, по сравнению с тихоходной?

Твердости зубьев и коэффициенты нагрузки в обеих передачах одинаковы. Срок службы редуктора неограничен.

---

\*Шевченко С.В. Детали машин. Сборник задач: учебное пособие. – 2-е изд. / С.В. Шевченко, А.А. Муховатый. - Луганск: изд-во ВНУ им. В.Даля, 2011. – 156с.

---

### **Задача 1.2**

Улучшенные зубья цилиндрической шестерни, рис.П7, имеют двукратный запас изгибной прочности при трехкратных кратковременных перегрузках.

Обладают ли закаленные ТВЧ зубья конической шестерни достаточной изгибной выносливостью при реверсивной нагрузке в длительном режиме эксплуатации?

### **Задача 1.3**

Определить, какой критерий работоспособности - контактная или изгибная выносливость зубьев колеса - лимитирует нагрузочную способность цилиндрической косозубой передачи, рис. П1.

Расчет выполнить для двух случаев:

- 1) шестерня и колесо улучшены;
- 2) шестерня и колесо закалены ТВЧ.

Принять для 1):

$$[\sigma_F]_2 = 250 \text{ МПа}; \quad [\sigma_H] = 2[\sigma_F]_2.$$

Принять для 2):

$$[\sigma_F]_2 = 370 \text{ МПа}; \quad [\sigma_H] = 2,4[\sigma_F]_2.$$

Коэффициенты нагрузки  $K_H$  и  $K_F$  считать одинаковыми.

### **Задача 1.4**

Зубья шестерни быстроходной ступени редуктора КЦ, рис. П9, равнопрочны по изгибной и контактной выносливости. Причем,  $[\sigma_H]$  в полтора раза больше  $[\sigma_{F1}]$ .

Достаточна ли изгибная прочность улучшенных зубьев колеса тихоходной ступени при кратковременных перегрузках с  $K_{nep} = 3,8$ ?

В расчетах принять  $K_F$  на 10% меньше  $K_H$ .

### **Задача 1.5**

Передача в редукторе на рис. П6 работает в таком режиме, который приводит к превышению контактной выносливости на 3%.

Какую кратковременную перегрузку ( $K_{nep}$ ) выдержат зубья колеса по изгибу?

Зубья шестерни цементованы, зубья колеса улучшены. Коэффициенты нагрузки по контактной и изгибной выносливости одинаковы. Срок службы редуктора неограничен.

### **Задача 1.6**

В зубьях колеса тихоходной ступени редуктора, рис.П7, при  $K_{nep} = 2,6$  действуют  $\sigma_{F\max}$ , которые на 45% ниже  $[\sigma_F]_{\max}$ .

Имеется ли при этом запас контактной выносливости зубьев быстроходной ступени для требуемого ресурса передачи 18000 ч.?

В расчетах принять: 1) шестерни обеих ступеней закалены ТВЧ, колеса - улучшены; 2)  $K_H = K_F = 1,4$  (для обеих ступеней); 3) нагрузка постоянная; угловая скорость тихоходного вала 3,9 рад/с.

### **Задача 1.7**

Тихоходная ступень редуктора КЦ с закаленной шестерней и улучшенным колесом, рис. П8, имеет семи процентный запас контактной выносливости при длительном сроке эксплуатации.

Обладают ли цементованные зубья шестерни быстроходной ступени редуктора не менее чем двукратным запасом изгибной выносливости, если длительность эксплуатации редуктора ограничить 10 тыс. часов?

Окружная скорость на делительной окружности колеса тихоходной ступени равна 15,3 м/мин.

### **Задача 1.8**

Быстроходная ступень редуктора КЦ, рис. П9, выполненная с большим перепадом твердостей зубьев шестерни и колеса, имеет 10-процентный запас контактной выносливости.

Могут ли при этом зубья улучшенного колеса тихоходной ступени редуктора выдержать трехкратную кратковременную перегрузку при изгибе?

### **Задача 1.9**

Для редукторов КЦ, рис. П7 и П8, сделать численное сравнение: а) запасов контактной выносливости конических передач; б) запасов изгибной выносливости зубьев конических колес.

Для конических передач обоих редукторов принять: 1) шестерни цементованы, колеса улучшены; 2) срок службы неограничен; 3)  $K_H = K_F = 1,4$ ; 4) крутящие моменты на выходных валах указанных редукторов одинаковы.

### Задача 1.10

Цементованные зубья конической шестерни редуктора КЦ, рис. П8, нагружены на пределе своей изгибной выносливости.

Обладают ли запасом изгибной прочности при двукратных кратковременных перегрузках цементованные зубья шестерни и улучшенные зубья колеса тихоходной ступени редуктора?

### Задача 2.1

Равнопрочны ли передачи редуктора ЦЧ, рис. П15, по главному критерию работоспособности?

Ведущий вал получает вращение от электродвигателя 4А112М4У3.

Зубья быстроходной ступени подвергнуты закалке ТВЧ. Коэффициенты нагрузки для обеих ступеней считать одинаковыми.

### Задача 2.2

Червячный редуктор, рис. П11, работает с кратковременными перегрузками,  $K_{\text{пер}} = 2$ , при которых  $\sigma_{h\max}$  в 3 раза ниже  $[\sigma_h]_{\max}$ .

Достаточна ли поперечная жесткость червяка посередине его нарезанной части?

Расчетное расстояние между опорами вала червяка принять равным  $0,9 \cdot d_2$  ( $d_2$  - делительный диаметр червячного колеса). Червяк приводится во вращение электродвигателем 4А112М2У3.

### Задача 2.3

Какой из критериев работоспособности - контактная выносливость зубьев или теплостойкость, лимитирует нагрузочную способность червячного редуктора, рис. П10?

Червяк приводится во вращение электродвигателем 4А160С2У3 через ременную передачу со шкивами:  $d_1 = 125$  мм;  $d_2 = 315$  мм.

### **Задача 2.4**

Червяк редуктора ЧЦ, рис. П13, имеет 80-процентный запас жесткости по прогибу в средине нарезанной части.

Достаточно ли сопротивление усталости тихоходного вала в сечении, проходящем по галтели, соединяющей  $\varnothing 95H7 / r6$  с буртиком  $\varnothing 110$  (последний на чертеже не проставлен)?

В заданном сечении изгибающий момент на 40% меньше крутящего. Угловая скорость тихоходного вала  $2,5 \text{ rad/s}$ . Расчетное расстояние между опорами вала червяка принять по приближенной рекомендации.

### **Задача 2.5**

Зубья червячной передачи, рис. П10, имеют трехкратный запас изгибной прочности при кратковременных перегрузках с  $K_{nep} = 1,9$ .

Выполняется ли при этих условиях критерий теплостойкости (теплоотвод через лапы корпуса не учитывать)?

Червяк получает вращение от электродвигателя 4А90Л4У3.

### **Задача 2.6**

Нет ли перегрева редуктора, рис. П11, если прогиб вала червяка в средине его нарезанной части составляет 65% от допустимого значения?

Данный редуктор является тихоходной ступенью привода, куда входят также электродвигатель 4А112М2У3 и ременная передача с передаточным числом  $U_{rem} = 2,5$ . Расстояние между опорами вала червяка принять по приближенной рекомендации.

### **Задача 2.7**

Осевая сила в цилиндрическом зубчатом зацеплении редуктора ЧЧ, рис. П15, равна 600 Н, а окружная скорость  $V = 3 \text{ м/с}$ .

Достаточен ли запас контактной прочности зубьев червячного колеса при кратковременных перегрузках с  $K_{nep} = 2,8$ ?

### **Задача 2.8**

Окружная скорость в зубчатом зацеплении редуктора ЧЦ, рис. П14, равна 0,29 м/с. Крутящий момент на тихоходном валу редуктора равен 1800 Н·м.

Удовлетворяет ли вал червяка критерию жесткости в средине его нарезанной части при допустимом прогибе  $[y] = 0,006 \cdot m$  и расстоянии между опорами  $l = 0,95 \cdot d_2$  ( $m$  и  $d_2$  - модуль и делительный диаметр червячного колеса)?

### Задача 2.9

Червяк редуктора ЧЦ, рис. П13, получает вращение от электродвигателя 4А160С4У3. Прогиб вала червяка в средине его нарезанной части  $y = [y]/3$  при расчетном расстоянии между опорами  $l = 0,95 \cdot d_2$  ( $d_2$  - делительный диаметр червячного колеса).

Определить (в процентах) запас изгибной прочности зубьев червячного колеса в режиме кратковременных перегрузок с  $K_{nep} = 2,6$ .

### Задача 2.10

Расчетная температура масла в редукторе, рис. П10, установленном на бетонном фундаменте, равна 80°C.

Обеспечивается ли контактная выносливость зубьев червячного колеса?

Червяк вращается от асинхронного электродвигателя с 6-ю полюсами и относительным скольжением  $S = 5,5\%$ .

### Задача 3.1

Быстроходный вал редуктора КЦ, рис. П8, приводится во вращение электродвигателем 4А132М6У3, недоиспользуя 30% его номинальной мощности.

Достаточна ли прочность вала по усталости на участке тихоходного вала  $\varnothing 55\text{р6}$  в сечении, проходящем по средине ступицы зубчатого колеса?

Принять в расчетном сечении напряжение изгиба  $\sigma_u$  на 20% ниже напряжения кручения  $\tau_{kp}$ .

### Задача 3.2

Сопоставить уровни нагруженности опор быстроходного вала редуктора, рис. П5, при двух схемах установки подшипников – «враспор» (как дано на рис. П5) и «врастяжку».

Радиальные нагрузки в опорах считать одинаковыми в обеих схемах установки и принять волях окружной силы конической передачи  $F_t$ : в опоре I (у консоли вала) -  $F_{rI} = 0,63 \cdot F_t$ ; в опоре II -  $F_{rII} = 1,7 \cdot F_t$ .

Вращение быстроходного вала осуществляется от электродвигателя 4A160S4У3 при использовании 95% его номинальной мощности.

### Задача 3.3

Зубья червячного колеса из безоловянной бронзы, редуктора ЧЦ, рис. П13, имеют 30-процентный запас контактной прочности при кратковременных перегрузках с  $K_{nep} = 3,1$ .

Как изменится нагруженность подшипников тихоходного вала редуктора после реверса?

Радиальные нагрузки в подшипниках I (у концевого участка вала) и II соответственно равны:

$F_t$  на 20% больше  $F_{rI}$ , а  $F_{rI}$  в 3,7 раза больше  $F_{rII}$  - до реверса;

$F_t$  на 25% больше  $F_{rI}^{(p)}$ , а  $F_{rI}^{(p)}$  в 2,8 раза больше  $F_{rII}^{(p)}$  - после реверса.

### Задача 3.4

Редуктор, рис. П10, работает с кратковременными перегрузками с  $K_{nep} = 3,8$ . При этом правая подшипниковая шейка быстроходного вала испытывает напряжение, равное 17% от предела текучести.

Достаточна ли прочность по усталости на шейке тихоходного вала под левым подшипником?

Поперечные силы на концевых участках валов отсутствуют. Быстроходный вал вращается от электродвигателя 4A90L4У3.

### Задача 3.5

В среднем сечении концевого участка быстроходного вала редуктора, рис. П11, коэффициент запаса прочности по усталости  $S_\tau = 3$ .

Достаточна ли статическая прочность тихоходного вала при кратковременных перегрузках с  $K_{nep} = 3,4$  в сечении, проходящем по средней плоскости червячного колеса?

Изгибающий момент в расчетном сечении на треть меньше крутящего момента. Ведущий вал редуктора вращает электродвигатель 4A112MB6У3.

### **Задача 3.6**

Для сечения тихоходного вала редуктора ЦЧ, рис. П15, проходящего через  $\varnothing 75H7/p6$  по галтели буртика, коэффициент запаса прочности по усталости  $S = 2,6$ . Материал вала — сталь 35. Диаметр буртика 85 мм, радиус галтели  $r = 1,5$  мм; (на чертеже они не указаны).

Достаточна ли статическая прочность в данном сечении при кратковременных перегрузках с коэффициентом  $K_{nep} = 2,9$ ?

### **Задача 3.7**

Равнопрочны ли по усталости средние сечения концевых участков входного и выходного валов редуктора КЦ, рис. П7?

Входной вал изготовлен из стали 12ХН3А, выходной — из стали 45. Поверхностное упрочнение на заданных участках валов отсутствует.

### **Задача 3.8**

Ведущий вал редуктора ЧЦ, рис. П14, вращается от электродвигателя 4А132М6У3. В рабочем режиме червячная передача имеет 10-процентный запас по контактной выносливости зубьев.

Какой из подшипников промежуточного вала более нагружен при следующих условиях:

- а) осевая сила червячного колеса  $F_{a2}$  направлена на подшипник I (на чертеже редуктора у него проставлены размеры  $\varnothing 50k6$  и  $\varnothing 90H7$ );
- б) радиальные нагрузки в подшипниках I и II:  
 $F_{rI}$  на 29% больше  $F_{a2}$ ;  $F_{rII} = 2,5F_{a2}$ ?

Привести расчетную схему для проверяемых подшипников.

### **Задача 3.9**

Червяк редуктора ЧЦ, рис. П14, приводится во вращение электродвигателем 4А132М2У3, потребляя три четверти его номинальной мощности. Осевая сила на червяке  $F_{a1}$  направлена на подшипник I (у консоли вала). Радиальные нагрузки в подшипниках I и II:  $F_{rI}$  в 2,4 раза меньше  $F_{a1}$ ;  $F_{rII}$  на 45% больше  $F_{a1}$ .

Как и на сколько процентов изменится расчетная долговечность опор вала червяка, если указанные подшипники 7608 заменить на 46208?

Дать расчетную схему для подшипников вала червяка.

### **Задача 3.10**

Ведущий вал редуктора Ц2с, рис. П4, потребляет 75% номинальной мощности электродвигателя 4А160М2У3. Осевые силы на колесе ( $F_a'$ ) и шестерне ( $F_a''$ ) промежуточного вала направлены навстречу друг другу.

### **Задача 4.1**

Движение к редуктору КЦ, рис. П9, подводится от двухполюсного асинхронного электродвигателя с относительным скольжением 3,6% через клиноременную передачу со шкивами  $d_{p1} = 100$  мм (ведущий) и  $d_{p2} = 200$  мм. В каждом из 4-х ремней сечения А минимальное напряжение равно 0,8 МПа.

Сравнить нагруженность подшипников I (у концевого участка) и II тихоходного вала, если радиальные нагрузки в них соответственно равны:  $F_{rI} = 3,1 F_a$ ;  $F_{rII} = 4,4 F_a$ .

Осевая сила в цилиндрическом колесе  $F_a$  направлена на подшипник I.

### **Задача 4.2**

Шесть болтов M8×30.3.6 ГОСТ 7808-70 из стали 35, закрепляющих крышку подшипника ведомого вала редуктора, рис.П11, от предварительной затяжки и постоянной внешней нагрузки имеют шестикратный запас прочности. Жесткость фланца крышки в 4 раза больше жесткости болтов.

Достаточно ли при этом естественного охлаждения для редуктора?

Частота вращения ведомого вала 38 об/мин.

### **Задача 4.3**

Осевая сила червяка направлена на левый подшипник, рис. П10. Четыре болта M6-6g×25.5.6 ГОСТ 7808-70, закрепляющие крышку этого подшипника на корпусе редуктора, имеют двукратный запас прочности. Податливость болтов в полтора раза больше податливости соединяемых деталей.

Удовлетворяет ли вал червяка критерию жесткости по углу поворота в подшипниках?

Червяк вращается от электродвигателя с четырьмя полюсами и относительным скольжением 2,6%.

### **Задача 4.4**

В плоскоременной передаче на ведомом шкиве  $\varnothing 400\text{мм}$  ремень сечением  $\delta \times b = 3,9 \times 90 \text{ мм}$  испытывает напряжение изгиба в 3,5 раза больше напряжения на прямолинейном участке ведомой ветви (действием центробежной силы пренебречь). Скорость ремня  $V_p = 18,5\text{м/с}$ .

Оценить надежность подшипников тихоходного вала, рис. П14, у которых  $C_r = 163\text{kН}$ , если требуемая долговечность для них 30000 ч. Радиальная нагрузка в каждом из этих подшипников на 20% больше окружной силы в полушевроне.

#### Задача 4.5

Ведомый шкив  $\varnothing 280\text{мм}$  с одним клиновым ремнем сечения Z, ГОСТ 1284.1-89, вращает червяк редуктора Ч, рис.П10. угол дуги скольжения на меньшем шкиве превышает минимально допустимый угол обхвата  $\alpha_{\min}$  на 8%. Скорость ремня  $20,5\text{м/с}$ .

Достаточно ли естественного охлаждения редуктора?

#### Задача 4.6

Долговечность пяти клиновых ремней сечения А равна 6500 ч. при скорости  $15,5 \text{ м/с}$  и диаметрах ведущего и ведомого шкивов 160 и 450  $\text{мм}$ . Последний закреплен на валу-шестерне редуктора ЦЧ, рис.П15.

Достаточна ли прочность витков резьбы гайки  $M48 \times 1,5.6H45$  ГОСТ 11871-88 (из стали 45) при постоянной нагрузке?

#### Задача 4.7

Клинеременная передача с тремя ремнями сечения В на шкивах с  $d_{p1} = 125$  и  $d_{p2} = 315$  ( $\text{мм}$ ) вращает вал-шестерню редуктора ЦЧ, рис. П15. Левая подшипниковая шейка тихоходного вала редуктора имеет пятикратный запас прочности по усталости при изгибе. Крутящий момент здесь на 20% выше момента изгиба. Угловая скорость этого вала  $1,0 \text{ рад/с}$ .

Достаточна ли долговечность ремней при легком режиме работы?

#### Задача 4.8

Тихоходная ступень редуктора КЦ, рис. П8, работает с 3-процентным превышением контактной выносливости. Зубья шестерни закалены с нагревом ТВЧ, зубья колеса улучшены.

Проверить прочность витков резьбы круглой шлицевой гайки на ведущем валу  $M48 \times 1,5-6H.05.05$  ГОСТ 11871-88 из стали 45 (предварительной затяжкой пренебречь).

Срок службы длительный, нагрузка постоянная.

### Задача 4.9

Поникающая ременная передача с диаметрами шкивов 125 и 355 мм приводит во вращение червяк редуктора, рис. П10. Напряжение изгиба в каждом из трех клиновых ремней сечения В при огибании большего шкива на 60% больше полезного напряжения. Скорость ремней 14 м/с.

Достаточна ли при этом прочность ведомого вала в сечении под червячным колесом при кратковременных перегрузках с  $K_{nep} = 3,5$ ?

В расчетном сечении изгибающий момент на 17% меньше крутящего.

#### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Практические занятия»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме решил задание, привел аргументы в пользу своего решения, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
незачтено	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

### Задания к курсовому проекту

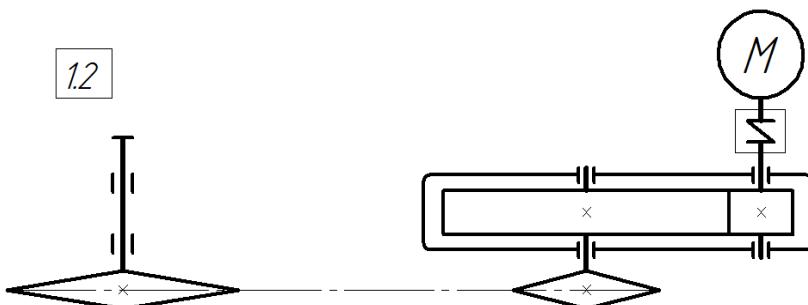
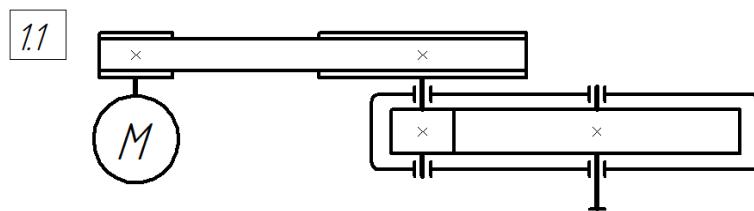
Тема типового курсового проекта: «Проектирование механического привода». В состав привода входят электродвигатель, редуктор, открытая передача, муфта. Курсовой проект выполняется в 6 семестре. В качестве исходных данных в задании представлены схема, график нагружения, усилие, скорость в цепи, диаметр звездочки или крутящий момент, частота вращения выходного вала, срок службы.

Содержание курсового проекта:

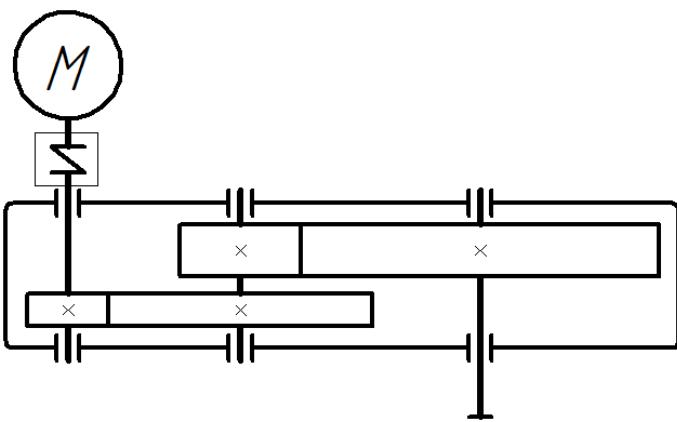
1. Выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчет привода (определение общего передаточного числа привода и разбивка его по ступеням, нахождение частот вращения, крутящих моментов и мощностей для всех валов).
2. Полный расчет всех механических передач.
3. Эскизная компоновка редуктора:
  - 3.1. конструирование и расчет валов;
  - 3.2. выбор и проверка подшипников;
  - 3.3. конструирование зубчатых (червячных) колес;
  - 3.4. конструирование корпуса редуктора;
  - 3.5. выбор и проверка шпоночных (шлифовых) соединений;
  - 3.6. выбор способа смазки и типа смазочного материала для передач и подшипников.
4. Выбор и проверка муфт.

5. Расчет фундаментных болтов.
6. Разработка конструкций плиты или рамы.
7. Сборочный чертеж редуктора.
8. Рабочие чертежи деталей передач, валов и др.
9. Рабочие чертежи корпусных деталей редуктора.
10. Чертеж общего вида привода.
11. Спецификации к сборочным чертежам и к общему виду привода.

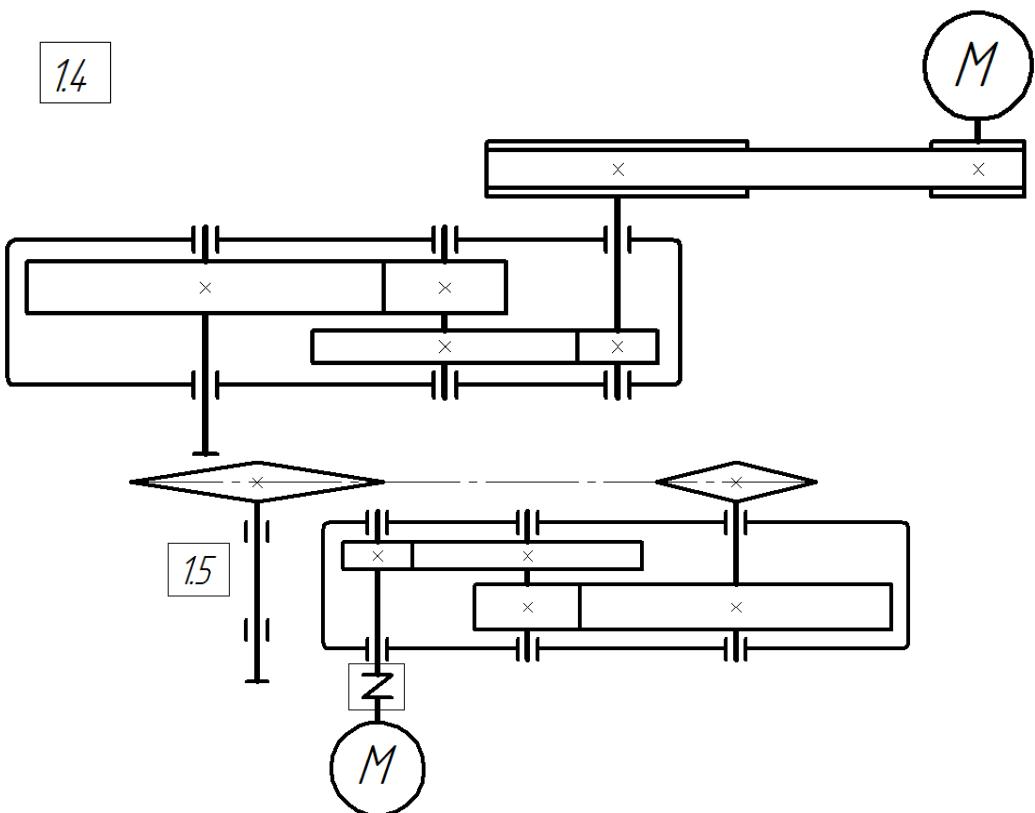
### Типовые схемы к курсовому проекту



1.3

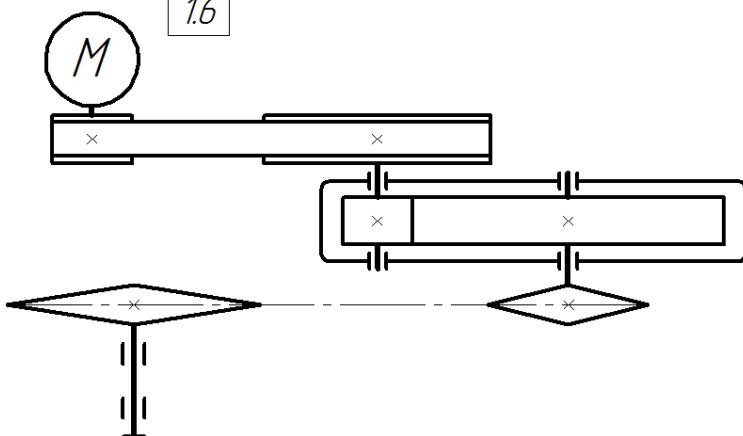


1.4

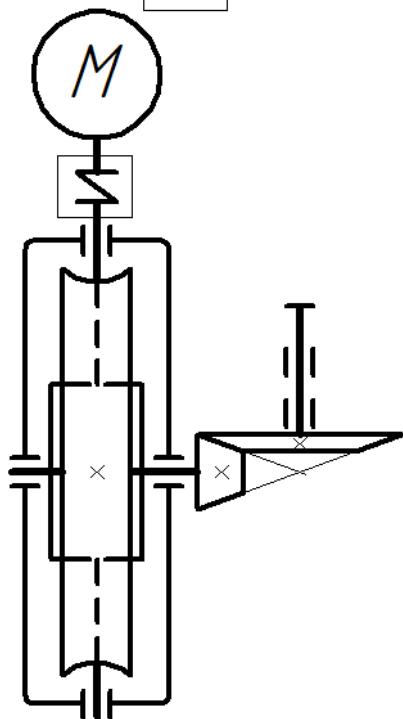


1.5

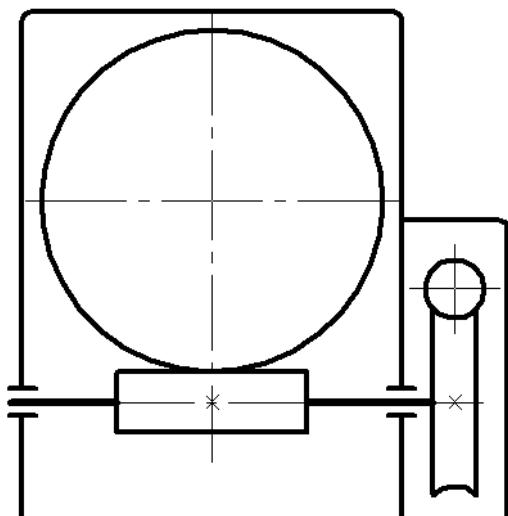
1.6



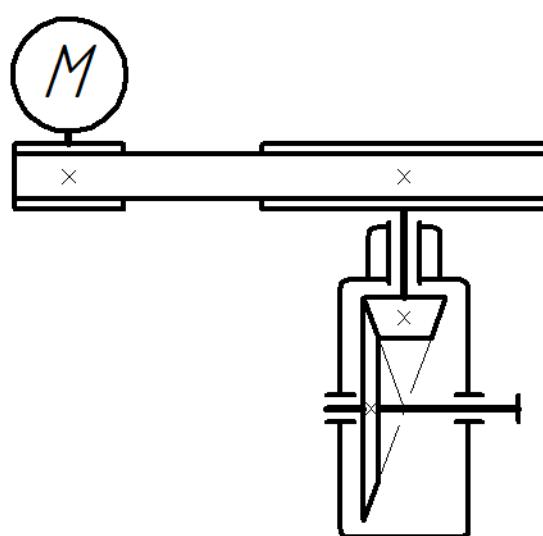
17



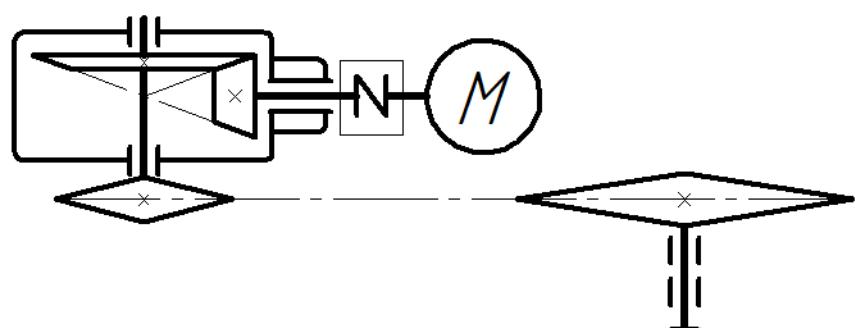
18



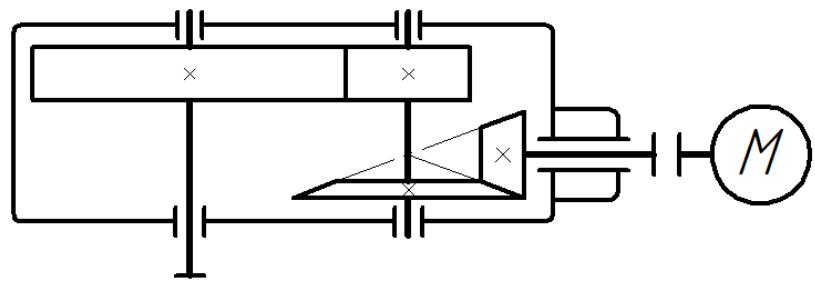
21



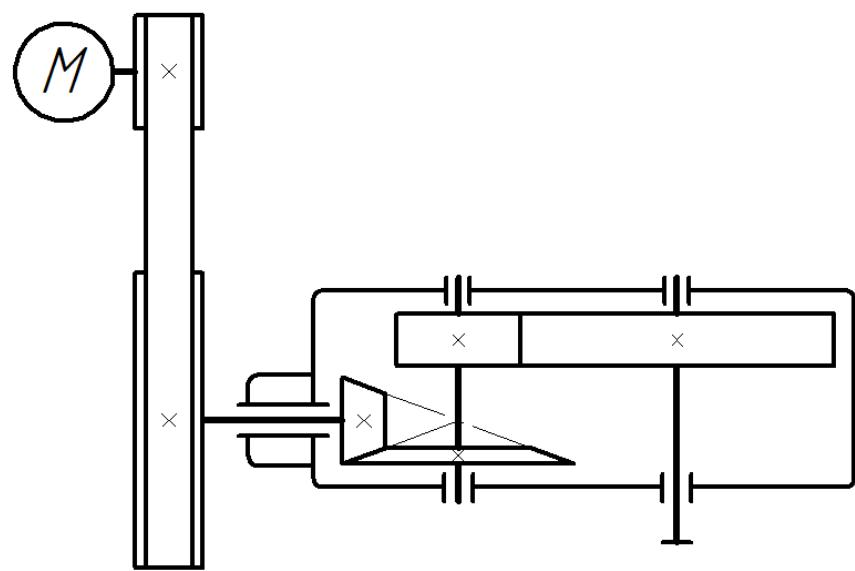
22



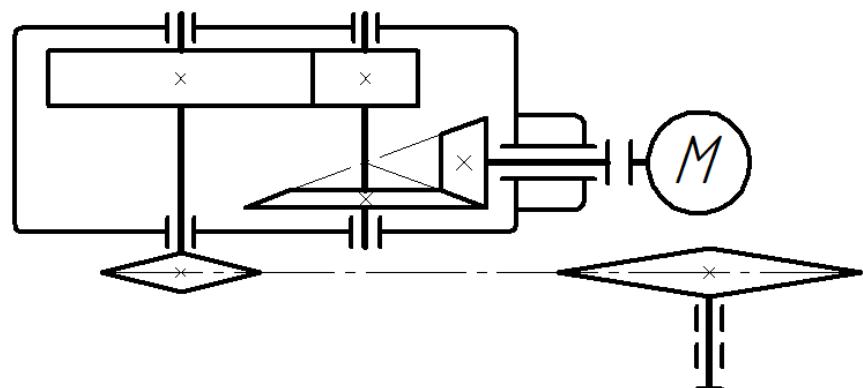
2.3



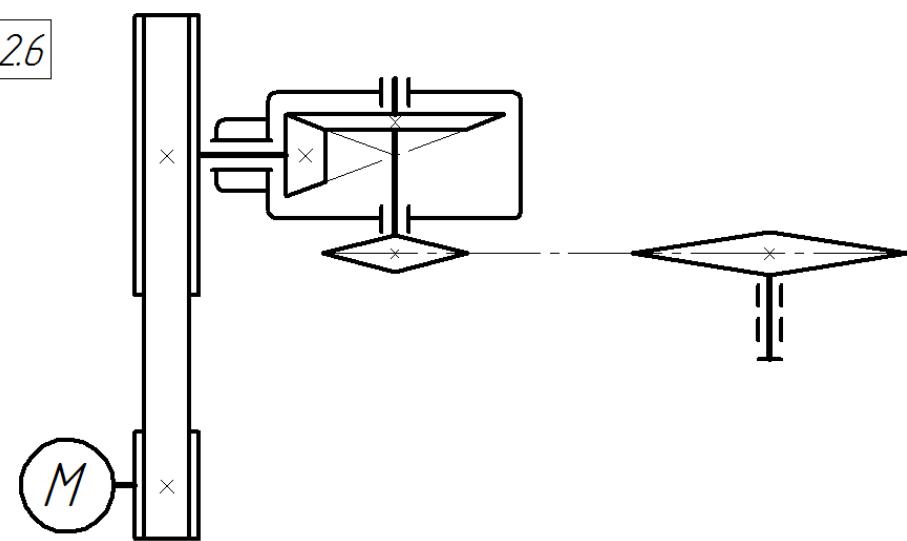
2.4



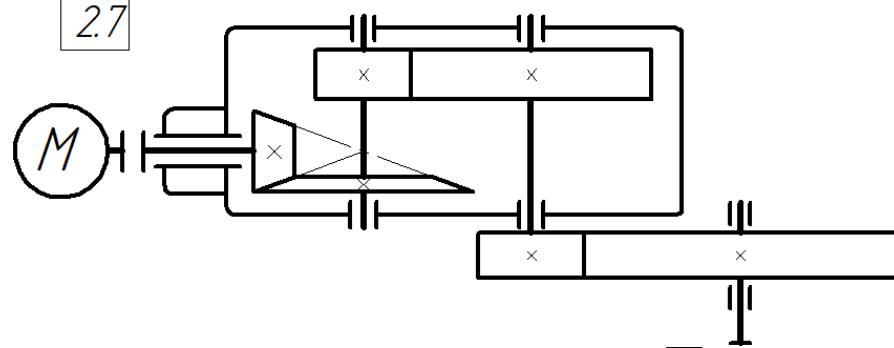
2.5



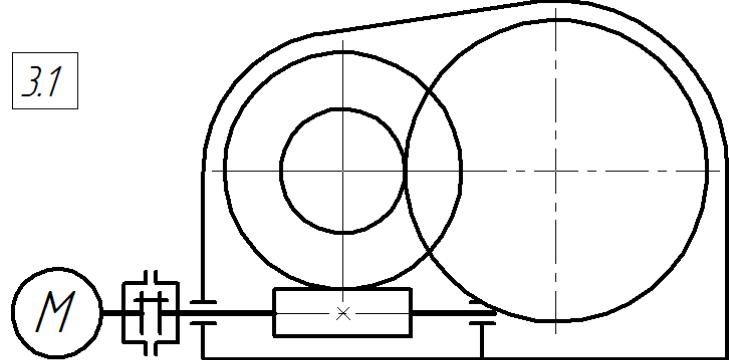
2.6



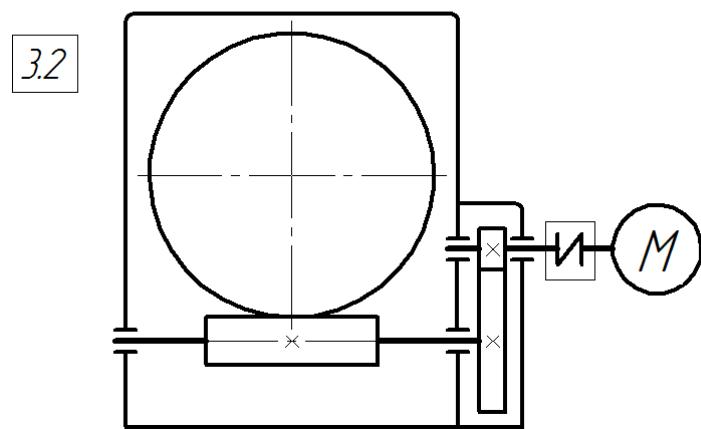
2.7

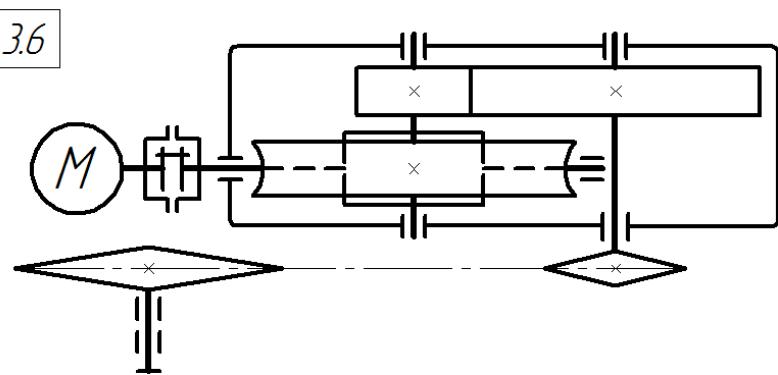
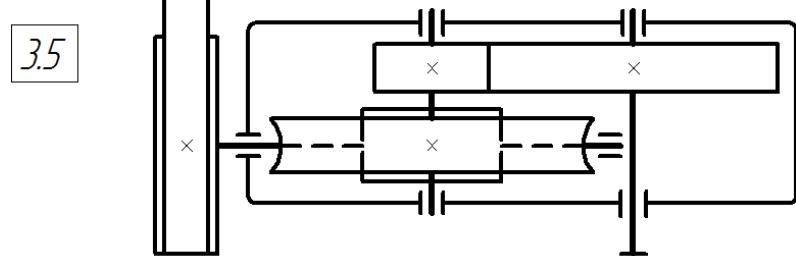
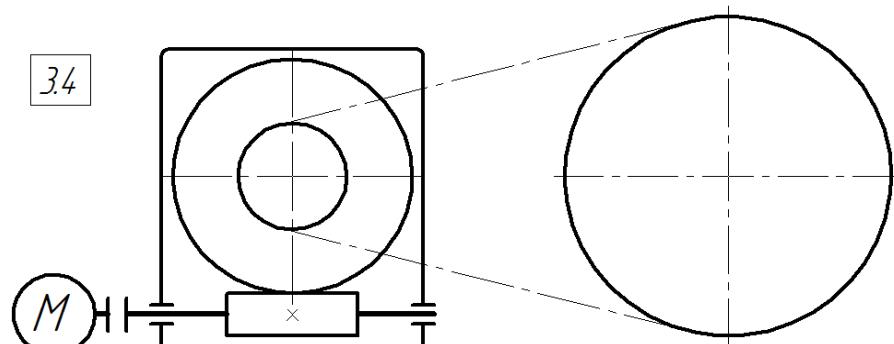
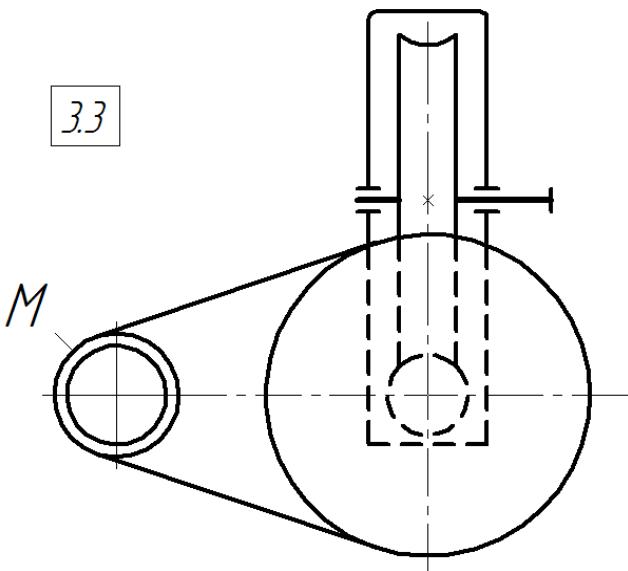


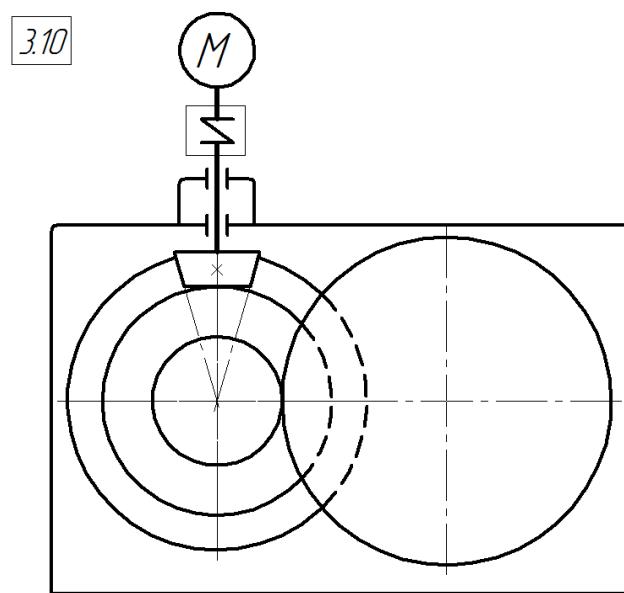
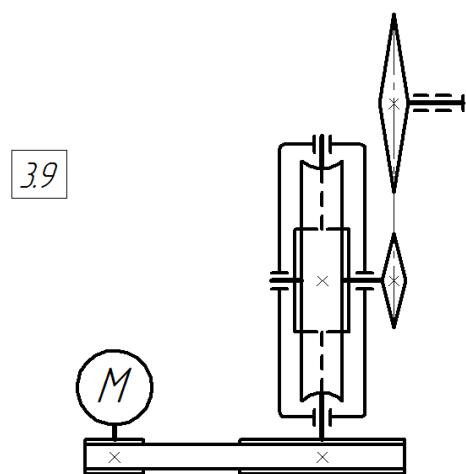
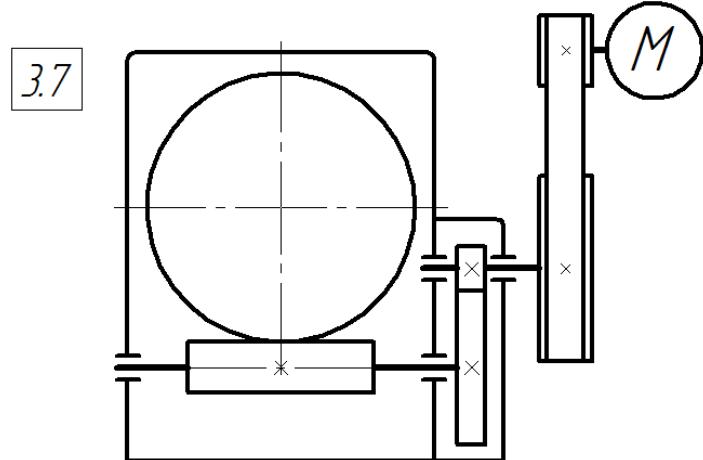
3.1



3.2







## ВОПРОСЫ К ЗАЩИТЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА ПО «ДЕТАЛЯМ МАШИН И ОСНОВАМ КОНСТРУИРОВАНИЯ»

1. На основании чего выбраны частота вращения и номинальная мощность электродвигателя?

2. Из каких соображений производится разбивка передаточного числа редуктора по ступеням (компактность, условия смазки и т.д.)?
3. Для какой цели служат редукторы?
4. Какой критерий и почему положен в основу проектного расчета зубчатых передач редуктора?
5. Преимущества и недостатки "мягких" и "твёрдых" зубчатых передач?
6. В каких случаях и с какой целью твердость зубьев шестерни и колеса делаются неодинаковыми, где она больше?
7. Преимущества и недостатки косозубых цилиндрических передач перед прямозубыми?
8. Преимущества и недостатки шевронной передачи перед косозубой?
9. Почему ширина зубчатого венца у шестерни делается больше, чем у колеса?
10. Какие силы действуют в прямозубых цилиндрических передачах? Где точка их приложения и как они направлены?
11. Какие преимущества и недостатки имеют косозубые цилиндрические передачи перед прямозубыми?
12. Какие преимущества и недостатки имеет применение одинакового и различного направления зубьев шестерни и колеса на промежуточном валу двухступенчатого редуктора?
13. Какие силы действуют в косозубых цилиндрических передачах? Где точка их приложения и как они направлены?
14. Почему угол наклона зубьев в шевронной передаче принимается значительно больше, чем в косозубой?
15. Почему валы шевронной передачи не нагружены осевыми силами?
16. Какими способами можно уменьшить габариты редуктора без изменения исходных данных на проект?
17. Какие параметры зубчатой передачи в основном влияют:
  - на контактную выносливость зубьев?
  - на изгибную выносливость зубьев?
18. В чём заключаются особенности расчета открытых зубчатых передач и чем они вызваны?
19. Какие силы действуют в прямозубой конической передаче? Где точка их приложения и как они направлены?
20. Какое направление осевой силы в конической шестерне с круговыми зубьями является предпочтительным и как его обеспечить?
21. Обосновать выбор числа витков (заходности) червяка.
22. В каких случаях применяют червячные передачи и почему?
23. Перечислить способы повышения жесткости вала червяка.
24. Какие преимущества и недостатки имеет червячная передача по сравнению с зубчатой?
25. Какие силы действуют в червячной передаче? Где точка их приложения и как они направлены?

26. Но каким критериям работоспособности рассчитывают допускаемые контактные напряжения в червячных передачах с колесами из оловянных и безоловянных бронз?

27. Какие из трех составляющих сил в зубчатом или червячном зацеплении изменят свое направление на противоположное при реверсе?

28. Какими мерами можно улучшить тепловой режим работы червячного редуктора?

29. В каких случаях для зубьев червячного колеса применяют оловянные бронзы и серые чугуны?

30. Влияет ли способ упрочнения червяка на допускаемые напряжения червячного колеса?

31. Какие факторы влияют на КПД червячного зацепления?

32. Какие червячные передачи являются предпочтительными: с нижним расположением червяка или с верхним, и почему?

33. Если силы, приложенные к червяку известны, как найти силы, приложенные к червячному колесу?

34. На каком валу - червяка или колеса, и почему, устанавливается вентилятор при искусственном воздушном охлаждении редуктора?

35. Какие преимущества и недостатки имеют ременные передачи по сравнению с другими механическими передачами?

36. С какой целью делается натяжение ремней в ременных передачах? Каким образом это осуществляется в Вашем приводе?

37. Какие параметры (клино)(плоско)ременной передачи влияют на долговечность ремня?

38. Почему в горизонтально расположенной ременной передаче ведущей желательно иметь нижнюю ветвь ремня?

39. Как и почему изменится долговечность ремня, если при прочих равных условиях увеличить межосевое расстояние ременной передачи?

40. При увеличении диаметров шкивов:

- как изменятся напряжения изгиба ремня на криволинейных участках?

- как изменится долговечность ремня?

41. Почему для достижения одинаковой тяговой способности плоского и клинового ремней требуется значительно меньшее предварительное натяжение последнего.

42. Почему при одинаковых внешних нагрузках в зубчатых и ременных передачах последние оказывают значительно большие нагрузки на валы?

43. Почему ременные передачи используют в качестве быстроходной ступени привода, а цепные - тихоходной?

44. Каким образом можно получить меньшие диаметры звездочек цепной передачи при прочих равных условиях?

45. Почему в горизонтально расположенной цепной передаче ведущей желательно иметь верхнюю ветвь цепи?

46. Для чего служат валы и какие напряжения в них возникают?

47. Почему ориентировочный (проектный) расчет вала ведется из условия прочности на кручение?

48. Для чего делается проверочный расчет вала на сопротивление усталости?

49. Что учитывается при выборе предположительно опасных сечений на валу для расчета его на прочность?

50. Перечислить имеющиеся на валу редуктора концентраторы напряжений?

51. Какими способами можно повысить прочность вала по усталости в расчетном сечении?

52. Для чего предусматриваются кольцевые канавки на валах?

53. Дать сравнительную оценку двух вариантов изготовления шестерни - в виде отдельной детали и в виде вал-шестерни.

54. Кака выбирается тип и размер подшипника?

55. Какие характерные особенности применения радиальных роликоподшипников и сферических радиальных подшипников?

56. Почему валы конической передачи устанавливают на радиальноупорных роликоподшипниках, а радиально-упорные шарикоподшипники не рекомендуются?

57. Дать сравнительную оценку схем установки подшипников "враспор" и "врастяжку" для вала конической шестерни.

58. Почему вал червячного колеса рекомендуется устанавливать на радиально-упорных роликоподшипниках, а не шарикоподшипниках?

59. В каком случае подшипники вала червяка устанавливаются:

1) по схеме "враспор"?

2) в фиксирующей и плавающей опорах?

60. В каких типах подшипников требуется обязательная регулировка зазоров и как она осуществляется? Привести пример из защищаемого проекта.

61. Кака определяются толщина стенки корпуса редуктора, размеры его фланцев, лап, стяжных и фундаментных болтов?

62. Назвать достоинства и недостатки болтового и винтового соединений частей разъемного корпуса?

63. Для чего и на какой стадии изготовления разъемного корпуса редуктора устанавливаются штифты?

64. Какие преимущества и недостатки имеются при центрировании частей корпуса с помощью цилиндрических и конических штифтов?

65. Какое назначение отжимных винтов?

66. Чем обеспечивается герметичностьстыка фланцев разъемного корпуса редуктора?

67. Для чего предназначены отдушины? Дать краткое описание некоторых конструктивных вариантов отдушин.

68. Какие способы смазки применяют для редукторных передач?

69. Как выбирается вязкость масла для смазки (зубчатой) (червячной) передачи?

70. Какой уровень масла должен быть в редукторе для смазки передач? Кака он контролируется?

71. В каких случаях применяются картерный и циркуляционный способы смазки?

72. Какие элементы корпуса редуктора предусмотрены для его транспортировки? Дать их сравнительную оценку.

73. Но каким причинам корпуса редукторов общего назначения изготавливают из серого чугуна?

74. Какие существуют способы стопорения резьбовых соединений и какие из них использованы в Вашем проекте?

75. Назначение шпонок, их основные типы.

76. В зависимости от чего выбираются:

- размеры поперечного сечения шпонки?

- длина шпонки?

77. Чем можно заменить шпоночное соединение вала со ступицей?

78. Какие меры нужно предпринять, если шпоночное соединение не обладает достаточной прочностью?

79. В чем заключаются преимущества и недостатки конических сопряжений "вал-ступица" по сравнению с цилиндрическими?

80. Перечислить способы осевой фиксации деталей на валу. Какие из них использованы в Вашем проекте?

81. Для чего применяется рама (плита), каким требованиям она должна удовлетворять?

82. В каком случае (и почему) предпочтение отдается сварной раме, а в каком - литой плате?

83. Какой тип муфты рекомендуется:

- между двигателем и редуктором?

- между редуктором и приводным валом?

84. Какое назначение рабочих чертежей деталей и сборочных чертежей?

85. Какие размеры проставляются на сборочных чертежах?

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «задания к курсовому проекту»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
5	В курсовом проекте содержание соответствует заявленной теме; в полном объеме раскрыты вопросы теоретической и практической части проекта; отсутствуют ошибки, неточности, несоответствия в изложении разделов; сделаны верные выводы; высокое качество оформления; представление курсового проекта в указанные сроки; уверенная защита.
4	В курсовом проекте содержание соответствует заявленной теме; наличие небольших неточностей в изложении теоретического или

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
	практического разделов; верные выводы; хорошее качество оформления; представление курсового проекта в указанные сроки.
3	В курсовом проекте содержание соответствует заявленной теме; недостаточно полно раскрыты вопросы теоретической или практической части; наличие ошибок и неточностей в изложении теоретического или практического разделов; недостаточно глубокий анализ результатов; небрежное оформление; представление курсового проекта в поздние сроки; ошибки и неточности в ходе защиты.
2	В курсовом проекте содержание не соответствует заявленной теме; не раскрыты вопросы теоретической или практической части; наличие грубых ошибок в изложении теоретического или практического разделов; отсутствие анализа результатов; низкое качество оформления; представление в поздние сроки; грубые ошибки в ходе защиты.

### Задания к контрольной работе

Тема типовой контрольной работы: «Расчет и проектирование передач механического привода». В состав привода входят электродвигатель, редуктор, открытая передача, муфта. Контрольная работа выполняется в 5 семестре. В качестве исходных данных в задании представлены схема, график нагружения, усилие, скорость в цепи, диаметр звездочки или крутящий момент, частота вращения выходного вала, срок службы. Схемы заданий представлены в фонде оценочных средств «задания к курсовому проекту».

Содержание контрольной работы:

- Выбор электродвигателя, кинематический и силовой расчет привода (определение общего передаточного числа привода и разбивка его по ступеням, нахождение частот вращения, крутящих моментов и мощностей для всех валов).
- Полный расчет всех механических передач.

### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Задания к контрольной работе»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачтено	Задание выполнено на высоком уровне (студент в полном объеме провел расчет по предложенной схеме, привел аргументы в пользу своих суждений, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
незачтено	Задание выполнено на неудовлетворительном уровне или не представлено (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

## Тесты

### 1. Механические приводы. Редукторы

1. От входного вала редуктора к выходному валу:

- 1) увеличиваются частоты вращения;*
- 2) увеличиваются крутящие моменты;*
- 3) увеличиваются диаметры валов;*
- 4) уменьшаются мощности на валах;*
- 5) уменьшаются угловые скорости валов.*

Указать ошибочный ответ.

2. Какой из редукторов будет наименее rationalен для передаточного числа 20?

- 1) Ч;*
- 2) КЦ;*
- 3) Ц2;*
- 4) Ч2;*
- 5) КЦ2.*

3. В механическом приводе тихоходной ступенью, расположенной после редуктора, может являться передача:

- 1) цепная;*
- 2) ременная;*
- 3) зубчатая коническая;*
- 4) зубчатая цилиндрическая.*

Указать ошибочный ответ.

4. Задан редуктор и его выходные данные.

К чему приведет замена асинхронного электродвигателя с 4-мя полюсами двухполюсным электродвигателем с той же номинальной мощностью?

- 1) к уменьшению габаритов редуктора;*
- 2) к уменьшению массы электродвигателя;*
- 3) к увеличению передаточного числа редуктора;*
- 4) к увеличению частоты вращения входного вала редуктора;*
- 5) к уменьшению крутящего момента на входном валу редуктора.*

Указать ошибочный ответ.

5. Какая из муфт наименее целесообразна на выходном валу привода?

- 1) Упругая;*

- 2) Цепная;**
- 3) Зубчатая;**
- 4) Шарнирная;**
- 5) Предохранительная.**

6. В каком из двухступенчатых редукторов КПД будет наименьшим?

Частота вращения быстроходных валов у всех редукторов одинакова.

- 1) ЧЦ;**
- 2) Ч2;**
- 3) Ц2;**
- 4) КЦ;**
- 5) ЦЧ.**

7. При прочих равных условиях замена редуктора ЧЦ на ЦЧ приведет:

- 1) к уменьшению КПД редуктора;**
- 2) к уменьшению стоимости материала червячного колеса;**
- 3) к уменьшению габаритов червячной передачи;**
- 4) к уменьшению габаритов цилиндрической передачи.**

Указать ошибочный ответ.

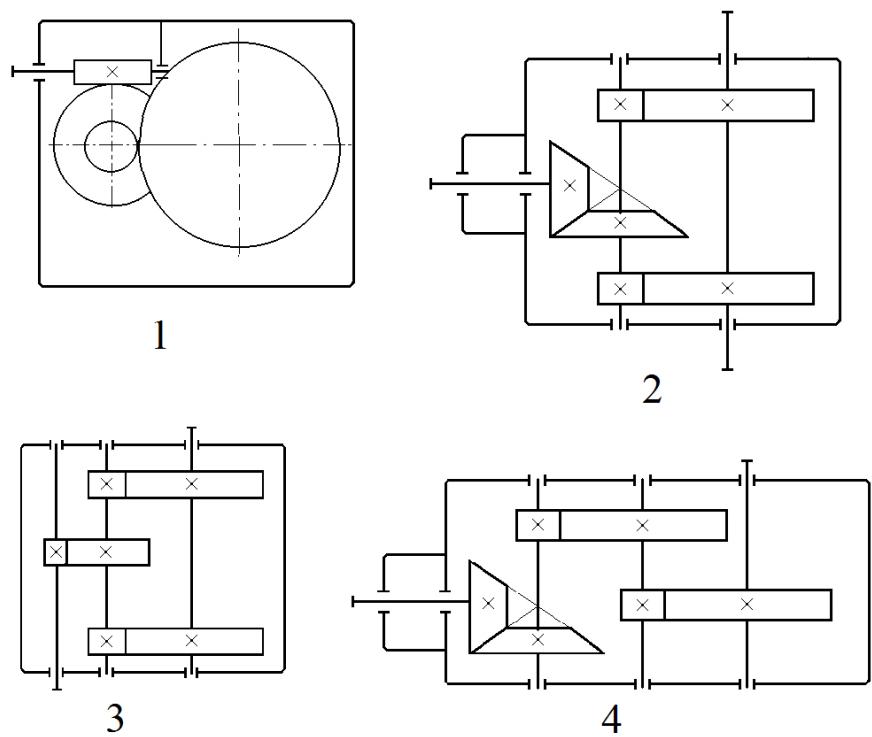
8. У какого из приведенных редукторов передаточные числа быстроходной и тихоходной ступеней соответственно равны 2,5 и 17?

- 1) ЧЦ;**
- 2) КЦ;**
- 3) Ц2;**
- 4) ЦЧ;**
- 5) Ч2.**

9. Указать наиболее вероятный диапазон передаточных чисел редуктора Ч2.

- 1) 6...15;**
- 2) 20...40;**
- 3) 45...90;**
- 4) 95...150;**
- 5) 160...1000.**

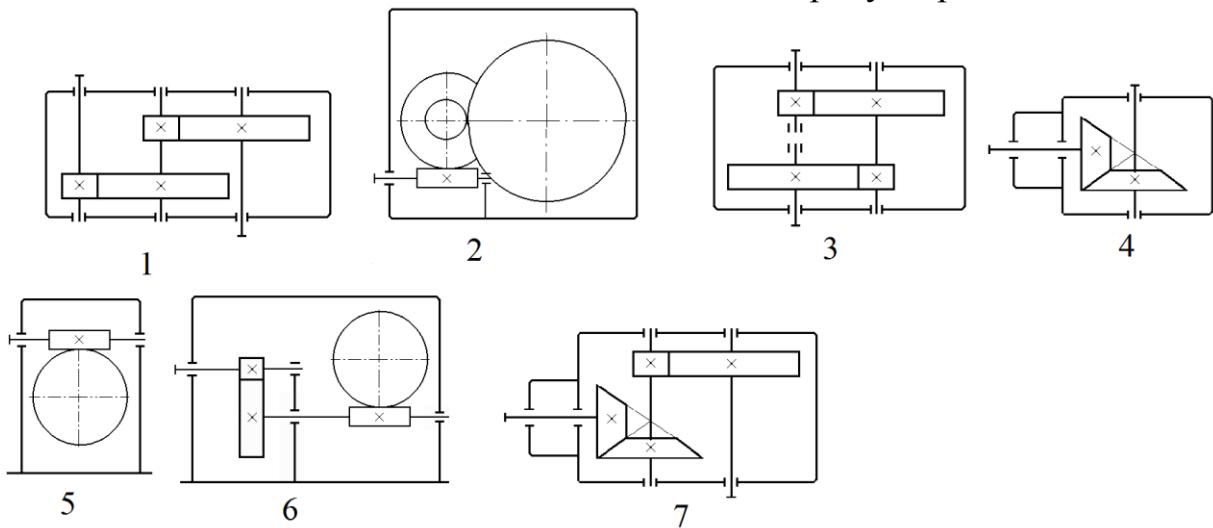
10. Какому из указанных редукторов принадлежит условное обозначение КЦ2?



11. Расставить в таблице с условными обозначениями редукторов соответствующие порядковые номера, стоящие возле их кинематических схем:

Условное обозначение редуктора	ЧЦ	Ц2	Ч	КЦ	Ц2с	ЦЧ	К
Номера кинематических схем редукторов на рисунке							

Кинематические схемы редукторов

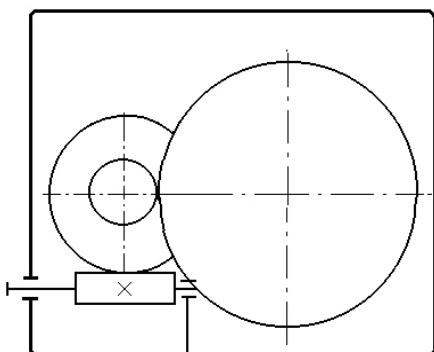


12. Передаточные числа цилиндрической ( $i_u$ ) и червячной ( $i_v$ ) передач в редукторах I и II одинаковы. Частоты вращения и мощности на входных валах у редукторов I и II также одинаковы.

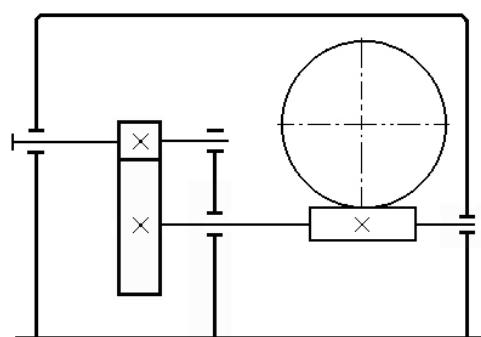
Во сколько раз отличаются крутящие моменты на выходных валах редуктора I ( $T_{3(I)}$ ) и редуктора II ( $T_{3(II)}$ )?

В расчете принять:

- 1) КПД червячной передачи в редукторе I на 15% больше, чем КПД червячной передачи в редукторе II.
- 2) КПД цилиндрических передач в обоих редукторах одинаковы.



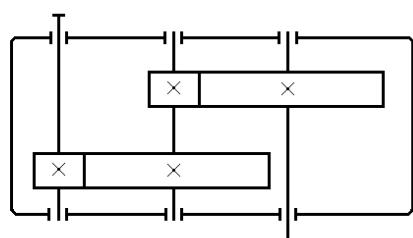
I



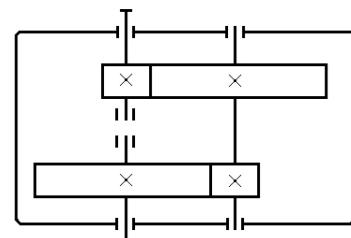
II

- 1)  $T_{3(I)}$  в 1,5 раза больше  $T_{3(II)}$ ;
- 2)  $T_{3(I)}$  в 1,5 раза меньше  $T_{3(II)}$ ;
- 3)  $T_{3(I)} = T_{3(II)}$ ;
- 4)  $T_{3(I)}$  на 15% больше  $T_{3(II)}$ ;
- 5)  $T_{3(I)}$  на 15% меньше  $T_{3(II)}$ .

13. Сравнительные характеристики редукторов I и II внести в таблицу.



I



II

- 1) больший размер по длине;
- 2) больший размер по ширине;
- 3) недогруженность быстроходной ступени;
- 4) возможность максимального использования обеих ступеней по критерию контактной выносливости.

Редуктор I				
Редуктор II				

## 2. Цилиндрические зубчатые передачи

1. Какой вид разрушения редукторных зубчатых передач является типичным после отработки ими заданного ресурса?

- 1) заедание;
- 2) износ;
- 3) усталостная поломка зубьев;
- 4) усталостное выкрашивание рабочих поверхностей зубьев;
- 5) поломка зубьев от кратковременных перегрузок.

2. Какое из соотношений между твердостями зубьев шестерни ( $H_1$ ) и колеса ( $H_2$ ) при передаточном числе  $i > 1$  является ошибочным?

- 1)  $H_1 = H_2$ ;
- 2)  $H_1 < H_2$ ;
- 3)  $H_1 > H$ .

3. Реверсивность нагрузки учитывается:

- 1) при выборе твердостей зубьев шестерни и колеса;
- 2) при расчете  $a_w$ ;
- 3) при расчете модуля зацепления;
- 4) при расчете  $[\sigma_u]$ ;
- 5) при расчете  $[\sigma_F]$ .

4. Переход от большего модуля зацепления к меньшему (при  $a_w = \text{const}$ ,  $i = \text{const}$ ) приводит:

- 1) к снижению требований к точности изготовления передачи;
- 2) к снижению изгибной прочности зубьев;
- 3) к снижению шума и вибраций;
- 4) к повышению трудоемкости изготовления передачи;
- 5) к увеличению числа зубьев.

Указать ошибочный ответ.

5. По сравнению с косозубой цилиндрической передачей (при прочих равных условиях) шевронная передача имеет:

- 1) меньшие осевые габариты;
- 2) меньшие диаметральные габариты;

- 3) большую нагрузочную способность;**
- 4) отсутствие осевых сил в зацеплении.**

Указать ошибочный ответ.

6. По сравнению с косозубой цилиндрической передачей (при прочих равных условиях) прямозубая передача имеет:

- 1) меньший коэффициент перекрытия;**
- 2) меньшую нагрузочную способность;**
- 3) больший шум и вибрации;**
- 4) большую осевую силу в зацеплении.**

Указать ошибочный ответ.

7. Какой из критериев работоспособности используется для проектного расчета открытой зубчатой передачи?

- 1) изгибная выносливость зубьев;**
- 2) изгибная прочность зубьев при кратковременных перегрузках;**
- 3) контактная прочность зубьев при кратковременных перегрузках;**
- 4) контактная выносливость зубьев;**
- 5) заедание поверхностей зубьев;**
- 6) износ поверхностей зубьев.**

8. Рекомендации при проектировании открытой зубчатой передачи:

- 1) зубья шестерни и колеса имеют твердость  $>350 \text{ НВ}$ ;**
- 2) тип зубьев – прямой;**
- 3) коэффициент  $\Psi_{ea} \leq 0,25$ ;**
- 4) модуль зацепления принимается больше, чем в закрытой передаче с тем же значением  $a_w$ .**

Указать ошибочный ответ.

9. Увеличение угла наклона зубьев приводит:

- 1) к уменьшению шума и вибраций;**
- 2) к уменьшению нагрузочной способности передачи;**
- 3) к увеличению осевой силы в зацеплении;**
- 4) к увеличению осевого коэффициента перекрытия.**

Указать ошибочный ответ.

10. Указать зависимость для проверки зубьев на изгибную выносливость:

$$1) \sigma_H = \frac{Z_E \cdot Z_H \cdot Z_{\varepsilon}}{a_w \cdot U} \sqrt{K_H \cdot T_2 \cdot 1000 \cdot (U+1)^3 / b_w} \leq [\sigma_H];$$

$$2) \sigma_F = \frac{K_F \cdot T_2 \cdot 1000 \cdot (U+1) \cdot Y_F \cdot Y_{\beta} \cdot Y_{\varepsilon}}{a_w \cdot b_w \cdot m_n \cdot U} \leq [\sigma_F];$$

$$3) \sigma_{H \max} = \sigma_H \cdot \sqrt{K_{\text{пер}}} \leq [\sigma_H]_{\max};$$

$$4) \sigma_{F \ max} = \sigma_F \cdot K_{\text{пер}} \leq [\sigma_F]_{\max};$$

$$5) a_w \geq K_a \cdot (U+1) \cdot \sqrt[3]{\frac{K_H \cdot T_2}{\Psi_{ba} \cdot U^2 \cdot [\sigma_H]^2}}.$$

11. Погружение зубьев колеса в масляную ванну редуктора способствует:

- 1) уменьшению потерь мощность от трения;**
- 2) уменьшению интенсивности износа зубьев;**
- 3) уменьшению напряжения изгиба в ножках зубьев;**
- 4) уменьшению шума;**
- 5) уменьшению тепловыделения.**

Указать ошибочный ответ

12. Характерные особенности “твёрдых” передач:

- 1) хорошая прирабатываемость зубьев;**
- 2) высокая нагруженная способность;**
- 3) повышенная трудоемкость изготовления;**
- 4) малые габариты;**
- 5) повышенные требования к жесткости валов.**

Указать ошибочный ответ.

13. Какой из приведенных диапазонов коэффициента  $\psi_{ba} = b_w / a_w$  берется для “мягкой” передачи с несимметричным расположением относительно опор?

- 1) 0,125...0,160;**
- 2) 0,20...0,25;**
- 3) 0,315...0,400;**
- 4) 0,40...0,50;**
- 5) 0,63...1,25.**

14. Если условие контактной выносливости не выполняется, необходимо:

- 1) увеличить модуль зацепления;**
- 2) увеличить ширину зубчатого зацепления;**

- 3) увеличить межосевое расстояние;**
- 4) увеличить твердость зубьев;**
- 5) повысить степень точности передачи.**

Указать ошибочный ответ.

15. Какое из приведенных соотношений недопустимо?
  - 1)  $\sigma_H / [\sigma_H] = 0,65$ ;
  - 2)  $\sigma_H / [\sigma_H] = 0,9$ ;
  - 3)  $\sigma_H / [\sigma_H] = 1,02$ ;
  - 4)  $\sigma_H / [\sigma_H] = 1,2$ .
16. Как изменится контактное напряжение на поверхности зубьев, если ширину зубчатого зацепления увеличить на 100%?
  - 1) уменьшится на 41% ;
  - 2) уменьшится на 50% ;
  - 3) уменьшится в 1,5 раза;
  - 4) уменьшится в 1,22 раза.
17. Величина осевой силы в косозубом зацеплении зависит:
  - 1) от угла профиля исходной рейки;
  - 2) от модуля зацепления;
  - 3) от делительного диаметра колеса (шестерни);
  - 4) от угла наклона зубьев;
  - 5) от степени точности передачи.
- Указать ошибочный ответ.
18. При реверсе изменяются направления сил:
  - 1) окружной и радиальной;
  - 2) осевой и радиальной;
  - 3) окружной и осевой;
  - 4) только окружной;
  - 5) только осевой;
  - 6) только радиальной.
19. В косозубой передаче окружная ( $F_t$ ), радиальная ( $F_r$ ) и осевая ( $F_a$ ) силы направлены:
  - 1)  $F_a$  – параллельно продольной линии зуба;
  - 2)  $F_a$  – параллельно оси колеса (шестерни);
  - 3)  $F_r$  – по радиусу колеса (шестерни);
  - 4)  $F_r$  – перпендикулярно  $F_t$ ;
  - 5)  $F_r$  – перпендикулярно  $F_a$ ;

6)  $F_t$  – *перпендикулярно межосевому расстоянию.*

Указать ошибочный ответ.

20. Для повышения изгибной выносивости зубьев необходимо:

- 1) *увеличить модуль зацепления;*
- 2) *увеличить число зубьев;*
- 3) *увеличить ширину зубчатого зацепления;*
- 4) *заменить прямозубое зацепление на косозубое;*
- 5) *применить положительное смещение при зубонарезании.*

Указать ошибочный ответ.

21. Передаточное число определяется соотношением:

- 1)  $\omega_1 / \omega_2$ ;
- 2)  $n_1 / n_2$ ;
- 3)  $V_1 / V_2$ ;
- 4)  $d_2 / d_1$ ;
- 5)  $z_2 / z_1$ .

Указать ошибочный ответ.

22. Уменьшение модуля при неизменном делительном диаметре шестерни приводит:

- 1) *к повышению плавности зацепления;*
- 2) *к увеличению числа зубьев;*
- 3) *к уменьшению изгибной прочности зубьев;*
- 4) *к уменьшению толщины зубьев;*
- 5) *к уменьшению влияния погрешностей изготовления.*

Указать ошибочный ответ.

23. Переход от “мягкой” передачи к “твёрдой” (при прочих равных условиях) приведет:

- 1) *к увеличению нагрузок на валы;*
- 2) *к уменьшению габаритов;*
- 3) *к уменьшению окружной скорости в зацеплении;*
- 4) *к повышению трудоемкости изготовления;*
- 5) *к улучшению прирабатываемости зубьев.*

Указать ошибочный ответ.

### **3. Конические зубчатые передачи**

1. Конические передачи применяются, когда оси валов:

- 1) параллельны;**
- 2) перекрещаются;**
- 3) пересекаются;**
- 4) располагаются произвольно.**

2. Конические передачи с круговыми зубьями по сравнению с коническими прямозубыми:

- 1) не меняют величину осевой силы на шестерне при реверсе;**
- 2) имеют большую нагрузочную способность;**
- 3) имеют меньшие габариты;**
- 4) менее чувствительны к погрешностям сборки;**
- 5) создают большие силы в зацеплении.**

Указать ошибочный ответ.

3. В ортогональной конической передаче угол делительного конуса шестерни равен  $23^{\circ}45'$ . Чему равен угол делительного конуса колеса?

- 1)  $23^{\circ}45'$ ;**
- 2)  $66^{\circ}75'$ ;**
- 3)  $46^{\circ}15'$ ;**
- 4)  $51^{\circ}28'$ ;**
- 5)  $71^{\circ}55'$ .**

4. Передаточное число в конической зубчатой передаче определяется:

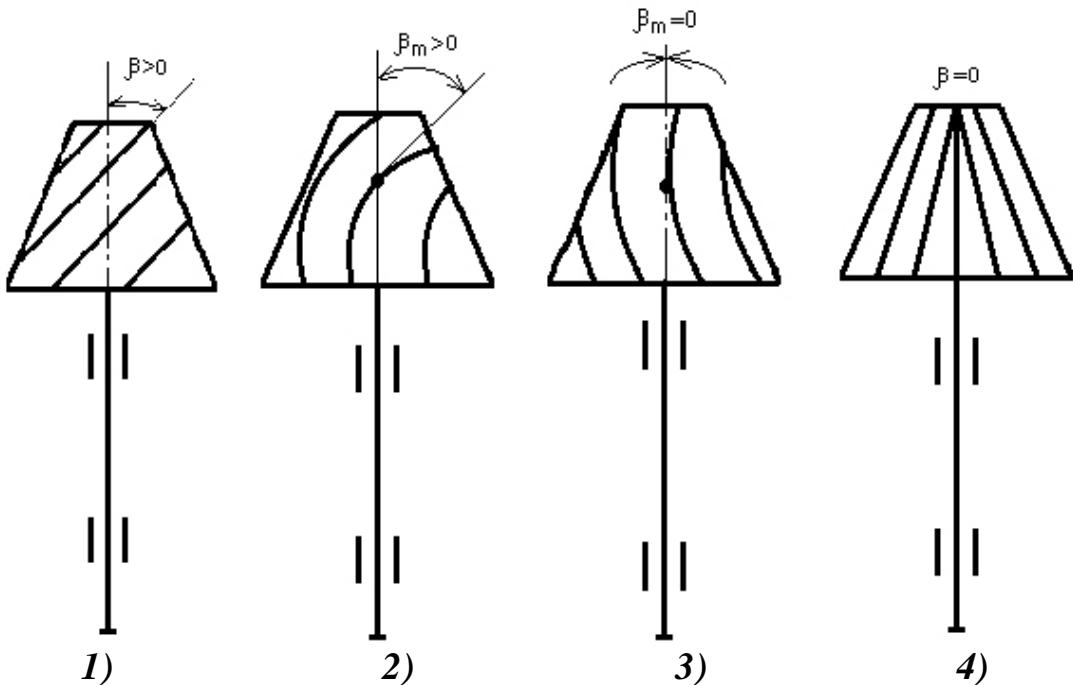
- 1)  $\omega_1 / \omega_2$ ;**
- 2)  $n_1/n_2$ ;**
- 3)  $d_{e2} / d_{e1}$ ;**
- 4)  $z_2 / z_1$ ;**
- 5)  $\operatorname{tg} \delta_2$ .**

Какое из приведенных соотношений справедливо только для конической зубчатой передачи?

5. Какая из указанных передач создает наибольший шум?

- 1) Цилиндрическая косозубая;**
- 2) Коническая прямозубая;**
- 3) Коническая с круговыми зубьями;**
- 4) Коническая с тангенциальными зубьями;**
- 5) Шевронная;**
- 6) Цилиндрическая прямозубая.**

6. Какой из указанных типов зубьев чаще применяется в редукторных конических передачах?



#### 4. Червячные передачи

1. Какое из приведенных соотношений не является передаточным числом червячной передачи?

- 1)  $d_2/d_1$ ;
- 2)  $\omega_1/\omega_2$ ;
- 3)  $z_2/z_1$ ;
- 4)  $n_1/n_2$ .

2. С увеличением числа заходов червяка (при прочих равных параметрах):

- 1) КПД червячной передачи не изменяется;
- 2) КПД червячной передачи уменьшится;
- 3) делительный угол подъема витков не изменится;
- 4) делительный угол подъема витков уменьшится;
- 5) делительный угол подъема витков увеличится.

3. При искусственном воздушном охлаждении червячного редуктора ребра жесткости располагаются:

- 1) вертикально;
- 2) горизонтально;
- 3) параллельно оси вала червячного колеса;
- 4) параллельно оси червяка;
- 5) произвольно.

Какой ответ наиболее точен?

4. В самотормозящей червячной передаче:

- 1) КПД равно 70...80%;
- 2) ведущим звеном может быть только червяк;
- 3) ведущим звеном может быть только червячное колесо;
- 4) ведущим звеном может быть как червяк, так и червячное колесо;
- 5) червяк должен быть четырехзаходным.

5. В силовой червячной передаче червяк (Ч) и червячное колесо (ЧК) изготавливаются:

- 1) Ч и ЧК – из медных сплавов;
- 2) Ч – из медного сплава, ЧК – из стали;
- 3) Ч – из стали, ЧК – из медного сплава;
- 4) Ч и ЧК – из стали.

6. Для повышения КПД червячной передачи применяют:

- 1) увеличение числа заходов червяка;
- 2) высокопрочную легированную сталь для червячного колеса;
- 3) полирование витков червяка;
- 4) высокооловянную бронзу для червячного колеса.

Указать ошибочный ответ.

7. По сравнению с зубчатой передачей червячная передача обладает:

- 1) меньшим тепловыделением;
- 2) меньшим шумом и вибрацией;
- 3) более высоким передаточным числом;
- 4) более высокой себестоимостью;
- 5) повышенными требованиями к точности сборки.

Указать ошибочный ответ.

8. По скорости скольжения червяка определяется:

- 1) материал червяка;
- 2) способ упрочнения витков червяка;
- 3) модуль зацепления;
- 4) частота вращения червяка;
- 5) материал зубьев червячного колеса.

9. Коэффициент диаметра червяка назначается в зависимости:

- 1) от модуля зацепления;

- 2) от числа витков червяка;
- 3) от межосевого расстояния;
- 4) от числа зубьев червячного колеса;
- 5) от передаточного числа.

10. Какой вид разрушения является типичным для зубьев червячного колеса из высокооловянной бронзы?

- 1) заедание;
- 2) износ;
- 3) усталостная поломка;
- 4) усталостное выкрашивание рабочих поверхностей.

11. Какое из приведенных соотношений сил на червяке является правильным?

- 1)  $F_{tl} < F_{al} < F_{rl}$ ;
- 2)  $F_{rl} < F_{al} < F_{tl}$ ;
- 3)  $F_{al} < F_{tl} < F_{rl}$ ;
- 4)  $F_{tl} < F_{rl} < F_{a2}$ ;
- 5)  $F_{rl} < F_{tl} < F_{al}$ ;
- 6)  $F_{tl} < F_{rl} < F_{al}$ .

12. Какой из приведенных ответов является правильным для передачи с межосевым расстоянием 180мм ?

- 1)  $z_1=1; z_2=31; q=12,5; m=8$ ;
- 2)  $z_1=1; z_2=31; q=8; m=10$ ;
- 3)  $z_1=2; z_2=62; q=20; m=4$ ;
- 4)  $z_1=2; z_2=62; q=14; m=5$ ;

Для всех вариантов передач  $a_w = 180\text{мм}$ .

13. Если при естественном охлаждении червячного редуктора условие теплостойкости не выполняется, необходимо:

- 1) изменить материал червяка;
- 2) изменить материал зубьев червячного колеса;
- 3) увеличить число заходов червяка;
- 4) предусмотреть ребра на корпусе;
- 5) увеличить межосевое расстояние передачи;
- 6) применить искусственное воздушное охлаждение.

Указать ошибочный ответ.

14. Какое из приведенных соотношений скоростей в червячной передаче является верным?

- 1)  $V_1 > V_s > V_2$ ;

- 2)  $V_s > V_2 > V_I$ ;
- 3)  $V_2 > V_s > V_I$ ;
- 4)  $V_2 > V_I > V_s$ ;
- 5)  $V_s > V_I > V_2$ .

15. При коэффициенте смещения червяка  $x < -1$  имеет место:

- 1) *заострение вершин зубьев червячного колеса;*
- 2) *подрезание зубьев червячного колеса;*
- 3) *подрезание витков червяка;*
- 4) *заострение вершин витком червяка;*
- 5) *снижение жесткости червяка.*

16. При коэффициенте смещения червяка  $x > +1$  имеет место:

- 1) *заострение вершин зубьев червячного колеса;*
- 2) *подрезание зубьев червячного колеса;*
- 3) *подрезание витков червяка;*
- 4) *заострение вершин витком червяка;*
- 5) *снижение жесткости червяка.*

17. При замене у зубьев червячного колеса бронзы БрА9ЖЗЛ на бронзу Бр010Ф1 (при прочих равных условиях):

- 1) *уменьшается прочность зубьев;*
- 2) *увеличивается стоимость изготовления червячного колеса;*
- 3) *ухудшаются антифрикционные свойства червячной пары;*
- 4) *уменьшается тепловыделение;*
- 5) *изменяется характер разрушения зубьев после отработки требуемого срока службы.*

Указать ошибочный ответ.

18. Для передаточного числа  $i=9$  число витков червяка  $z_1$  принимается:

- 1)  $z_1=1$ ;
- 2)  $z_1=2$ ;
- 3)  $z_1=4$ ;
- 4) *любое из указанных значений  $z_1$ .*

19. Для увеличения жесткости червяка необходимо:

- 1) *увеличить межосевое расстояние передачи;*
- 2) *уменьшить расстояние между опорами червяка;*
- 3) *уменьшить диаметр впадин червяка;*
- 4) *увеличить модуль зацепления.*

20. Даны четыре передачи с параметрами:

- а)  $z_2=32$ ;  $q=8$ ;  $m=8$ ;  $x=0$ ;  
 б)  $z_2=64$ ;  $q=16$ ;  $m=4$ ;  $x=0$ ;  
 в)  $z_2=64$ ;  $q=14$ ;  $m=4$ ;  $x=+1$ ;  
 г)  $z_2=64$ ;  $q=18$ ;  $m=4$ ;  $x=-1$ .

- 1) наибольшее межосевое расстояние  $a_w$  имеет передача а);**
- 2) наибольшее межосевое расстояние  $a_w$  имеет передача б);**
- 3) наибольшее межосевое расстояние  $a_w$  имеет передача в);**
- 4) наибольшее межосевое расстояние  $a_w$  имеет передача г);**
- 5) значение  $a_w$  одинаково во всех четырех передачах.**

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «тесты»

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
зачислено	Ответ дан на высоком уровне (студент в полном объеме решил задание, привел аргументы в пользу своего решения, владеет профильным понятийным (категориальным) аппаратом и т.п.)
незачислено	Ответ дан на неудовлетворительном уровне или не представлен (студент не готов, не выполнил задание и т.п.)

### Оценочные средства для промежуточной аттестации (экзамен)

#### Теоретические вопросы

1. Классификация деталей машин.
2. Критерии работоспособности деталей машин: прочность, износостойкость, жесткость, теплостойкость, вибростойкость.
3. Надежность и долговечность деталей машин. Оптимальное проектирование деталей машин.
4. Виды нагрузок, действующих на детали машин, расчетная нагрузка. Уравнения прочности и примеры их применения при расчетах деталей машин.
5. Выбор запасов прочности и допускаемых напряжений при действии статических нагрузок. Допускаемые напряжения при переменных нагрузках, кривая выносливости.
6. Проектировочные и проверочные расчеты деталей машин.
7. Назначение и роль передач в машиностроении. Общие энергетические и кинематические соотношения для механических передач вращательного движения.
8. Геометрия и кинематика ременных передач. Конструкция плоских и клиновых ремней.
9. Упругое скольжение и буксование. Силы и напряжения в ремнях.

10. Критерии работоспособности передач, расчет плоско - и клиноременных передач.
11. Зубчатые передачи, области их применения. Классификация зубчатых передач.
12. Элементы и параметры зубчатых колес. Усилия в зацеплении.
13. Критерии работоспособности и виды повреждений зубчатых колес. Материалы, термообработка и допускаемые напряжения. Силы в зацеплении, расчетная нагрузка.
14. Расчет прямозубых цилиндрических передач на сопротивление усталости по контактным и изгибным напряжениям. Особенности расчета косозубых цилиндрических передач.
15. Конические зубчатые передачи с прямолинейными и криволинейными зубьями.
16. Силы в зацеплении конических зубчатых колес.
17. Особенности расчета передач на контактную прочность. Особенности расчета зубьев на изгиб.
18. Червячные передачи. Кинематики и геометрия червячных передач. Виды повреждений, материалы, допускаемые напряжения.
19. Расчет червячных передач на заедание. Расчет зубьев колеса на изгиб.
20. Коэффициент полезного действия передач, тепловой расчет червячного редуктора.
21. Цепные передачи. Классификация приводных цепей.
22. Критерии работоспособности цепных передач. Зависимости для проектного расчета.
23. Конструкция и назначение валов и осей. Предварительный расчет валов.
24. Расчет валов на сопротивление усталости.
25. Классификация и конструкция подшипников качения.
26. Основные свойства наиболее распространенных типов подшипников качения.
27. Критерии работоспособности подшипников.
28. Расчет подшипников по статической и динамической грузоподъемности.
29. Основные типы подшипников скольжения. Расчет подшипников скольжения в режиме смешанного и жидкостного трения.
30. Сварные соединения. Расчет на прочность сварных швов.
31. Шпоночные, шлицевые соединения. Расчет соединений с призматическими, круглыми и сегментными шпонками.
32. Резьбы и их классификация. Распределение осевой силы по виткам резьбы, расчет элементов резьбы.
33. Коэффициент полезного действия винтовой пары, явление самоторможения.

34. Расчет резьбовых соединений при статических и переменных нагрузках. Расчет группы болтов.
35. Муфты, назначение и классификация.
36. Выбор муфт по расчетному моменту.

## Практические задания

### Задача 1

В сечении В-В, рис.45\*, где действует только крутящий момент, вал имеет 35%-ный запас прочности при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=2,9$ .

Будет ли при этом обеспечена контактная выносливость тихоходной ступени в течении 36000 часов, если шестерня цементирована, а колесо улучшено?

Окружная скорость в полюсе быстроходной ступени равна 5,8 м/с.

---

\*Цехнович Л.И., Петриченко И.П. Атлас конструкций редукторов. - К.: Вища шк., 1990.-151 с.

---

### Задача 2

Вращение к редуктору ЧЦ, рис.72\*, подводится от электродвигателя 4А160S6У3. Червяк имеет 60%-ный запас жесткости по углу поворота его оси в опорах.

Достаточна ли прочность по усталости подшипниковой шейки тихоходного вала?

Поперечные силы и изгибающие моменты на концевом участке тихоходного вала отсутствуют.

### Задача 3

Среднее сечение концевого участка быстроходного вала редуктора, рис.62\*, имеет трехкратный запас прочности по усталости, причем  $S_\sigma$  на 27% меньше  $S_\tau$ .

Выполняется ли при этом главный критерий работоспособности передачи с улучшенными зубьями шестерни и колеса?

Срок службы редуктора неограничен.

### Задача 4

Червячный редуктор, рис.70\*, имеет 17%-ный запас теплостойкости в режиме искусственного охлаждения. Окружная скорость вершин зубьев червячного колеса равна 23,5м/мин.

Обладает ли достаточной прочностью по усталости правая подшипниковая шейка тихоходного вала, где изгибающий ( $M$ ) и крутящий ( $T$ ) моменты связаны соотношением:  $M/T=2,8/4,8?$

### Задача 5

Подшипниковая шейка тихоходного вала редуктора, расположенная у его концевого участка, рис.65\*, имеет пятикратный запас прочности по усталости. Изгибающий момент здесь на 42% меньше крутящего момента.

Могут ли улучшенные зубья конической шестерни выдержать кратковременную перегрузку по изгибу при  $K_{\text{пер}}=3,8?$

### Задача 6

Червяк редуктора ЧЦ, рис.72\*, имеет 14%-ный запас жесткости по углу прогиба в подшипниках.

Достаточна ли прочность по усталости подшипниковой шейки тихоходного вала у концевого участка?

В заданном сечении изгибающий момент на 12% меньше крутящего момента. Угловая скорость быстроходного вала 141,4рад/с.

### Задача 7

Правая подшипниковая шейка быстроходного вала редуктора КЦ, рис.67\*, имеет 35%-ный запас прочности при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=4,8$ . При этом, напряжения изгиба и кручения в расчетном сечении одинаковы.

Достаточна ли изгибная выносливость улучшенных зубьев цилиндрической шестерни при реверсивной нагрузке в течение 36 тысяч часов?

Окружная скорость на среднем делительном диаметре шестерни равна 4,9м/с.

### Задача 8

Левая подшипниковая шейка ведомого вала редуктора, рис. 68\*, где изгибающий момент равен крутящему моменту, имеет 30%-ный запас прочности по усталости.

Будет ли при этом перекос колец подшипников 7305 в пределах нормы?

Червяк вращается от асинхронного электродвигателя с двумя полюсами и относительным скольжением 4,8%.

### Задача 9

Подшипниковая шейка улучшенного тихоходного вала редуктора, рис.63\*, расположенная у концевого участка, обладает четырехкратным запасом прочности по усталости при кручении.

Достаточна ли при этом изгибная прочность закаленных ТВЧ зубьев шестерни при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=3,9$ ?

### **Задача 10**

Угол перекоса колец подшипников 66408, рис.70\*, на 48% меньше допустимого значения. Червяк вращается от асинхронного электродвигателя с двумя полюсами и относительным скольжением 3,4%.

Достаточна ли при этом статическая прочность тихоходного вала при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=3,2$  на правой подшипниковой шейке, где изгибающий момент на 18% меньше крутящего момента?

### **Задача 11**

Тихоходная ступень редуктора ЦЧ, ри.76\*, имеет пятикратный запас изгибной выносливости.

Обеспечивается ли при этом статическая прочность быстроходного вала в левой подшипниковой шейке при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=4,5$ , где изгибающий момент в 3 раза превышает крутящий момент?

Ведущий вал редуктора вращается асинхронным электродвигателем с относительным скольжением  $S=3,2\%$  и двумя полюсами.

### **Задача 12**

Червяк редуктора Ч, рис.70\*, воспринимает 83% термической мощности и вращается от асинхронного электродвигателя с относительным скольжением  $S=2,9\%$  и двумя полюсами.

Обладает ли правая подшипниковая шейка тихоходного вала достаточной прочностью при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=3,7$ ?

В расчетном сечении изгибающий момент на 19% меньше крутящего момента.

### **Задача 13**

Запас контактной выносливости червячной передачи редуктора ЦЧ, рис.75\*, составляет 6%.

Достаточен ли запас прочности по усталости в среднем сечении концевого участка вала червяка, где отсутствует изгибающий момент?

Ведущий вал вращается от асинхронного электродвигателя с четырьмя полюсами и относительным скольжением  $S=4,4\%$ .

### **Задача 14**

Быстроходный вал редуктора ЧЦ, рис.71\*, вращается от электродвигателя 4A180S2У3 через ременную передачу со шкивами  $d_1=160\text{мм}$ ,  $d_2=355\text{мм}$ . В средине левой подшипниковой шейки вала червяка, где изгибающий момент на 15% меньше крутящего, имеется 55%-ный запас прочности при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=3,2$ .

Достаточна ли прочность по усталости средины концевого участка тихоходного вала, где отсутствуют поперечные силы и изгибающие моменты?

### **Задача 15**

Перекос колец подшипников 66410, вызванный прогибом вала червяка, рис.76\*, на 75% меньше допустимого значения.

Обладает ли концевой участок ведомого вала редуктора достаточной прочностью при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=3,4$ , если изгибающий ( $M$ ) и крутящий ( $T$ ) моменты связаны соотношением  $M/T=2,5/2,9$ ?

Угловая скорость ведомого вала редуктора равна 2,7 рад/с.

### **Задача 16**

Резьба круглой шлицевой гайки М48×1,5.6Н.35 ГОСТ 11871-88, установленной на валу червяка редуктора ЦЧ, рис.76\*, имеет 63-х процентный запас прочности по срезу.

Достаточна ли жесткость вала червяка по углу поворота в подшипниках?

Быстроходный вал вращается асинхронным электродвигателем с относительным скольжением 4,2% и двумя полюсами.

### **Задача 17**

Какой критерий работоспособности является лимитирующим для редуктора, рис. 66\*, – изгибная прочность цементованных зубьев конической шестерни в реверсивном режиме при 4-х кратных кратковременных перегрузках или прочность концевого участка тихоходного вала при тех же перегрузках?

Заданный участок вала не нагружен изгибающим моментом.

### **Задача 18**

Какой критерий работоспособности является лимитирующим для редуктора, рис. 63\*, – усталостная прочность концевого участка ведущего вала или контактная выносливость цементованных зубьев передачи при длительной эксплуатации?

### **Задача 19**

Среднее сечение концевого участка тихоходного вала, рис. 71\*, имеет 4-х кратный запас прочности по усталости при кручении.

Достаточна ли жесткость вала червяка по углу прогиба в опорах?

Окружная скорость в полюсе зубчатого зацепления равна 0,24 м/с.

### **Задача 20**

Червяк потребляет 72% термической мощности редуктора ЧЦ при искусственном воздушном охлаждении, рис.69\*, вращаясь от электродвигателя 4А180С2У3.

Достаточна ли прочность вала по усталости под ступицей червячного колеса?

В расчетном сечении изгибающий момент на 36% меньше крутящего.

### **Задача 21**

Средина подшипниковой шейки у консоли тихоходного вала редуктора ЧЦ, рис.72\*, имеет 30%-ный запас статической прочности при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=4,8$ . Изгибающий момент в расчетном сечении на 12% меньше крутящего.

Определить перекос колец подшипников вала червяка, который вращается от электродвигателя 4А160С2У3 через ременную передачу с диаметрами шкивов 160 и 355мм?

### **Задача 22**

Цельнометаллический стакан в редукторе, рис. 67\*, заменен на сварной (см. рис. на обороте экзаменационного билета). Его угловые швы с катетом 5 мм, нагруженные осевой силой шестерни, имеют двукратный запас прочности.

Достаточна ли прочность по усталости среднего сечения концевого участка тихоходного вала, работающего на кручение?

### **Задача 23**

Ведущий вал редуктора, рис.68\*, приводится во вращение двухполюсным асинхронным электродвигателем с относительным скольжением 3,7%.

Достаточна ли прочность по усталости ведомого вала посередине участка с  $\varnothing 40$ рб, если нагрузочная способность редуктора лимитируется термической мощностью?

В расчетном сечении изгибающий момент на 22% меньше крутящего.

### **Задача 24**

В среднем сечении нарезанной части червяка, рис.68\*, имеется двукратный запас прочности при кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=2,6$ . Изгибающий ( $M$ ) и крутящий ( $T$ ) моменты здесь связаны соотношением:  $M/T=5,6/3,8$ .

Достаточно ли при этом естественного охлаждения редуктора?

Окружная скорость подшипниковых шеек ведомого вала равна 19,2м/мин.

### **Задача 25**

При кратковременных перегрузках с  $K_{\text{пер}}=3,9$  напряжение изгиба в зубьях цементированной шестерни быстроходной ступени, рис.65\*, на 40% ниже допустимого.

Имеется ли запас прочности по усталости в сечении тихоходного вала с  $\varnothing 120\text{р}6$ , где изгибающий момент на 15% больше крутящего момента?

### **Задача 26**

В среднем сечении участка тихоходного вала с  $\varnothing 75\text{р}6$ , рис.76\*, запас прочности по усталости в 2,2 раза выше допустимого. Изгибающий момент здесь на 35% меньше крутящего.

Достаточна ли изгибная выносливость улучшенных зубьев шестерни, если окружная скорость на вершине зубьев равна 411 м/мин?

### Критерии и шкала оценивания по оценочному средству промежуточный контроль («экзамен»)

Шкала оценивания (интервал баллов)	Критерий оценивания
отлично (5)	Студент глубоко и в полном объёме владеет программным материалом. Грамотно, исчерпывающе и логично его излагает в письменной форме. При этом знает рекомендованную литературу, проявляет творческий подход в ответах на вопросы и правильно обосновывает принятые решения, хорошо владеет умениями и навыками при выполнении практических задач.
хорошо (4)	Студент знает программный материал, грамотно и по сути излагает его в письменной форме, допуская незначительные неточности в утверждениях, трактовках, определениях и категориях или незначительное количество ошибок. При этом владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических задач.
удовлетворительно (3)	Студент знает только основной программный материал, допускает неточности, недостаточно чёткие формулировки, непоследовательность в ответах, излагаемых в письменной форме. При этом недостаточно владеет умениями и навыками при выполнении практических задач. Допускает до 30% ошибок в излагаемых ответах.
неудовлетворительно (2)	Студент не знает значительной части программного материала. При этом допускает принципиальные ошибки в доказательствах, в трактовке понятий и категорий, проявляет низкую культуру знаний, не владеет основными умениями и навыками при выполнении практических задач. Студент отказывается от ответов на дополнительные вопросы

## Лист изменений и дополнений

№ п/п	Виды дополнений и изменений	Дата и номер протокола заседания кафедры (кафедр), на котором были рассмотрены и одобрены изменения и дополнения	Подпись (с расшифровкой) заведующего кафедрой (заведующих кафедрами)