

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева»**

Кафедра мехатроники и международного инжиниринга

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
ДИСЦИПЛИНЫ «ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ  
И АППАРАТУРЫ»**

Направление подготовки  
**01.06.01 Математика и механика**  
Направленность (профиль)  
**Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры**

Квалификация  
**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения  
**Очная**

Рабочая программа дисциплины «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» разработана на кафедре мехатроники и международного инжиниринга Орловского государственного университета имени И.С. Тургенева в соответствии со следующими нормативными документами:

- Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденный Приказом Минобрнауки РФ от 19.11.2013 г. № 1259.

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика, утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ № 866 от 30.07.2014 г.

- Положение о порядке разработки рабочих программ дисциплин, реализуемых по программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре от 21.04.2016 г.

Одобрена на заседании кафедры мехатроники и международного инжиниринга (протокол № 11 от 23.06.2016 г.).

Зав. кафедрой

 Л.А. Савин

«21» 06 2016 г.

Составитель:  
д-р техн. наук, проф.

 Л.А. Савин

«21» 06 2016 г.

## Содержание

Введение	4
1 Цели освоения учебной дисциплины (модуля)	5
2 Место дисциплины (модуля) в структуре ООП	5
3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины (модуля)	5
4 Структура учебной дисциплины (модуля) и распределение ее трудоемкости	7
5 Технологическая карта учебной дисциплины (модуля)	8
6 Самостоятельная работа аспирантов	11
7 Образовательные технологии	11
8 Оценочные средства для текущего и рубежного контроля успеваемости	11
9 Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение учебной дисциплины (модуля)	12
10 Рекомендуемая литература	12
10.1 Основная литература	12
10.2 Дополнительная литература	13

## **Введение**

Предметом изучения дисциплины «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» являются процессы и явления, происходящие в технических устройствах; оценка напряженного состояния элементов, критерии работоспособности, методы расчета и конструирования элементов машин с целью определения размеров и рациональных форм, обеспечивающих заданную надежность, ресурс, массогабариты и высокие технико-экономические показатели машин.

Дисциплина основывается на знании следующих учебных курсов: теоретическая механика; теория упругости; сопротивление материалов; теория машин и механизмов, гидромеханика и газовая динамика; теория колебаний; триботехника, материаловедение и технология металлов; основы метрологии и взаимозаменяемости; прикладная математика; программирование; электротехника; машиностроительное черчение; теория надежности; теплопередача.

Материалы рабочей программы предполагают проведение 28 часов лекций и 44 часов практических занятий по базовым разделам дисциплины, включая основы теории колебаний, теории упругости, теории пластин и оболочек, теории пластичности, теории нелинейных колебаний, механики разрушений и динамики упругих систем.

Полученные при изучении курса знания и практические навыки могут быть использованы для выполнения квалификационно-выпускной работы и подготовки кандидатской диссертации.

## **1 Цели освоения учебной дисциплины (модуля)**

Целью преподавания дисциплины «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» является обучение аспирантов современным методам проектирования, выполнения инженерных расчетов и расчета напряженно-деформированного состояния элементов машин. В задачи курса входит знакомство с основами теории надежности, с технико-экономическими основами создания и оптимального проектирования.

## **2 Место дисциплины (модуля) в структуре ООП**

Дисциплина «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» относится к дисциплинам, вариативной части подготовки аспиранта по направлению 01.06.01 «Математика и механика» направленности «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры». Дисциплина направлена на подготовку аспиранта к сдаче кандидатского экзамена.

Изучение дисциплины базируется на компетенциях, приобретенных при изучении дисциплин «История и философия науки» (Б1.Б1), «Методология научных исследований» (Б1.В.ОД4), «Анализ, синтез и моделирование систем» (Б1.В.ФТД).

## **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения учебной дисциплины (модуля)**

Процесс изучения дисциплины «Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры» направлен на формирование следующих компетенций: универсальных:

- способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);

- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

общефессиональных:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

- готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования (ОПК-2);

профессиональных:

- способность изучать методами механики и вычислительной математики закономерности, явления и процессы различной природы (механиче-

ские, пневмогидравлические, электрические, электромагнитные и т.д.), имеющие место в технических системах (ПК-101);

- способность разрабатывать научные основы и инструментальные средства проектирования новых поколений машин, приборов, аппаратуры, технологий и материалов, обладающих повышенными эксплуатационными свойствами (ПК-102);

- способность применять методы нахождения оптимальных и/или рациональных технических решений, включая выбор структурно-функциональных схем, материалов, массогабаритных параметров и эксплуатационных характеристик (ПК-103).

В результате изучения дисциплины студент должен:

**знать:**

- основные требования к техническим системам;
- перспективные тенденции развития науки, техники и технологии;
- основные понятия проектирования механизмов и мехатронных устройств;
- критерии работоспособности и расчета механических элементов мехатронных систем;
- современные методы и средства проектирования машин;
- методы математического моделирования технических систем;
- базовые уравнения механики, гидро- и термодинамики;
- элементную базу мехатронных систем;
- принципы выбора и свойства конструкционных материалов;
- правила выполнения технологической документации;
- основные принципы управления и проектирования мехатронных систем;
- современные методы расчетов напряженно-деформированного состояния твердых тел и динамических характеристик систем.

**уметь:**

- выполнять структурный и параметрический синтез механизмов технических и мехатронных систем;
- проводить постановку задач по анализу динамики;
- проводить постановку задач по роторной динамике;
- проводить кинематический, силовой и динамический анализ механизмов различных видов;
- составлять математические модели механических элементов технических устройств;
- оценивать уровень надежности технических систем;
- пользоваться компьютерными программными средствами инженерного проектирования;
- осуществлять выбор материалов проектируемых конструкций;
- выполнять кинематический расчет электромеханических приводов;
- выбрать рациональный вариант энергетических устройств и исполнительных механизмов;

- провести оптимизацию структуры и параметров исполнительных механизмов мехатронных систем;
- подготовить техническую документацию, осуществлять управление проектированием.

**владеть:**

- современными методами проведения расчетов на прочность исследуемых объектов;
- современными методами выполнения проектировочных и проверочных расчетов элементов технических устройств;
- способами проведения экспериментальных исследований характеристик машин с использованием компьютерных информационно-измерительных систем;
- навыками и техническими средствами оформления проектной и конструкторской документации в соответствии с требованиями ЕСКД, в том числе с применением САД-систем;
- навыками проведения автоматизированных расчетов элементов мехатронных систем в САЕ-системах;
- практическим опытом подготовки технических заданий, технических предложений на проведение проектных работ;
- способами оценки рациональных технических решений.

#### 4 Структура учебной дисциплины (модуля) и распределение ее трудоемкости

Таблица 1 – Структура дисциплины и распределение часов

Виды учебной работы	Всего, кол.		За 5 семестр, кол.	
	часов	занятий	часов	занятий
1	2	3	4	5
<b>1 Аудиторные занятия, всего</b>	<b>72</b>	<b>36</b>	<b>72</b>	<b>36</b>
Лекции (лек)	28	14	28	14
в т.ч. в интерактивной форме	0(0)		0(0)	
Практические занятия (пр)	44	22	44	22
в т.ч. в интерактивной форме	0(0)		0(0)	
<b>2 Самостоятельная работа</b>	<b>108</b>		<b>108</b>	
<b>2.1 Обязательная самостоятельная работа студентов (ОСРС)</b>	108		108	
<b>2.2 Контролируемая самостоятельная работа студентов (КСРС)</b>	0		0	
<b>3 Промежуточный контроль (вид)</b>			<b>Экзамен (36)</b>	
<b>Общая трудоемкость в часах:</b>	<b>216</b>		<b>216</b>	
<b>Общая трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>6</b>		<b>6</b>	

## 5 Технологическая карта учебной дисциплины (модуля)

Таблица 2 – Технологическая карта учебной дисциплины (модуля)

Учебная неделя	Вид и № занятия	Тема занятия	№ компетенции	№ рекомендуемой литературы	Часы за семестр
1	2	3	4	5	6
<b>Семестр №5</b>					
1	лек №1	Основы теории колебаний	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
2	лек №2	Устойчивость движения	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
3	лек №3	Теория нелинейных колебаний	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
4	лек №4	Основы теории упругости	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
5	лек №5	Основы теории пластин и оболочек	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
6	лек №6	Основы теории пластичности	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
7	лек №7	Основы теории ползучести и вязкоупругости	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
8	лек №8	Конструкционная прочность	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
9	лек №9	Механика разрушения	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
10	лек №10	Динамика упругих систем	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
11	лек №11	Динамика машин, приборов и аппаратуры	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2
12	лек №12	Теория надежности машин, приборов и аппаратуры	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16,17,18	2

13	лек №13	Численные методы в динамике и прочности	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
14	лек №14	Экспериментальные методы исследования динамики	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
15	пр №1	Решение комплексной задачи оптимизации опор роторов	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
16	пр №2	Расчет динамических характеристик роторов с подшипниками качения	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
17	пр №3	Расчет динамических характеристик роторов с подшипниками жидкостного трения	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
18	пр №4	Расчет динамических характеристик роторов с комбинированными подшипниками	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
19	пр №5	Устойчивость движения роторов с подшипниками жидкостного трения	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
20	пр №6	Построение диаграмм Кэмпбелла	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
21	пр №7	Расчет деформаций валов на основе решения уравнения упругой линии балки	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
22	пр №8	Расчет на статическую прочность и выносливость закритических валов	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
23	пр №9	Расчет критических частот многомассовых систем	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
24	пр №10	Расчет напряженно-деформированного состояния втулок ПЖТ	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
25	пр №11	Расчет напряженно-деформированного состояния упругих элементов подшипника	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
26	пр №12	Моделирование динамических процессов в центробежных насосах	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
27	пр №13	Построение годографов действующих на ротор сил	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
28	пр №14	Влияние центрирующего эффекта на несущую способность ГСДП	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
29	пр №15	Влияние эффекта Магнуса на несущую способность	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
30	пр №16	Влияние центрирующего эффекта на динамику роторов	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12	2

			102,ПК-103,УК-1,УК-2	13,14,15,16,17,18	
31	пр №17	Влияние эффекта Магнуса на колебания и устойчивость роторов	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
32	пр №18	Методология экспериментальных исследований динамических процессов в роторных системах	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
33	пр №19	Планирование эксперимента исследования динамики роторов	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
34	пр №20	Математико-статистическая обработка результатов экспериментального исследования	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
35	пр №21	Силовой анализ механизмов	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
36	пр №22	Динамически анализ электромеханических приводов	ОПК-1,ОПК-2,ПК-101,ПК-102,ПК-103,УК-1,УК-2	1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12 13,14,15,16,17,18	2
<i>Итого по дисциплине:</i>					72

## 6 Самостоятельная работа аспирантов

Таблица 3 – Самостоятельная работа студентов

Виды учебной работы	Всего		Семестр №5	
	часов	баллов	часов	баллов
1	2	3	4	5
<b>ОСРС</b>				
Подготовка к лекциям	28	-	28	-
Подготовка к практическим занятиям	44	-	44	-
Подготовка к промежуточному контролю	36		36	
Итого по ОСРС	108	-	108	-
<b>КСРС</b>				
Итого по КСРС				
<b>Итого по факту</b>	<b>0</b>		<b>0</b>	
<i>Итого по плану</i>	<i>0</i>	-	<i>0</i>	-

## 7 Образовательные технологии

Образовательные технологии, используемые при реализации различных видов учебной работы предусматривают использование:

- сетевых классов;
- современных лицензионных программных продуктов: MATLAB, MATHCAD и АПМ;
- оснащенных мультимедийных аудиторий.

Также образовательные технологии предусматривают участие аспирантов в выполнении научно-технических проектов.

## 8 Оценочные средства для текущего и рубежного контроля успеваемости

Оценочные средства для текущего и рубежного контроля успеваемости, планируемые для реализации различных видов контроля, предусматривают:

текущий контроль:

- проведение тестирования по лекционному материалу с помощью технических средств и информационных систем;
- решение типовых задач на практических занятиях;

рубежный контроль:

- сдача экзамена;
- система контроля и оценки знаний «АСКОЗ».

## **9 Учебно-методическое, информационное и материально-техническое обеспечение учебной дисциплины (модуля)**

1. Савин Л.А., Соломин О.В. Автоматизированный расчет механических передач. Учебное пособие. - Орел: ОрелГТУ, 2001. - 212 с.
2. Савин Л.А. Компьютерный практикум по инженерным расчетам. Учебное пособие. - Орел: ОрелГТУ, 2002. - 61 с.
3. Савин Л.А., Соломин О.В. Расчет элементов машин в системе EXCEL. Учебное пособие. - Орел: ОрелГТУ, 2001. - 90 с.
4. Савин Л.А., Анохин А.М., Дорофеев Л.В., Поляков Р.Н., Герасимов С.А., Сытин А.В. Детали машин и основы конструирования. Курсовое проектирование. Учебное пособие. - Орел: Издатель Александр Воробьев, 2011. - 242 с.
5. Савин Л.А., Майоров С.В., Соломин О.В. Основы проектирования. Детали машин. Компьютерный практикум. Учебное пособие. - Орел: «Ид «Орловская литература и книгоиздательство» и К», 2008. - 224 с.
6. Савин Л.А., Поляков Р.Н., Стручков А.А. Основы проектирования. Детали машин. Лабораторный практикум. Учебное пособие. - Орел: «Ид «Орловская литература и книгоиздательство» и К», 2009. - 200 с.
7. Мультимедийные аудитории для проведения лекционных занятий (107, 209).
8. Компьютерные классы с установленным ПО (107, 209).
9. Наглядные пособия, лабораторные установки, демонстрационные стенды.

## **10 Рекомендуемая литература**

### **10.1 Основная литература**

1. Детали машин и основы конструирования: учебник для вузов / под.общ. ред. П.Н. Учайев. - М.: Академия, 2008. - 351 с.
2. Шелофаст В.В. Основы проектирования машин. М.: Изд-во АПМ, 2005. - 471 с.
3. Иванов М.Н. Детали машин: Учеб. для вузов / М.Н. Иванов; В.А. Финогенов. - М.: Высшая школа, 2003. - 408 с.
4. Комаров М.С., проф. Д-р техн. Наук. Динамика механизмов и машин. М., «Машиностроение», 1969.
5. Савин Л.А., Соломин О.В. Автоматизированный расчет механических передач. Учебное пособие. - Орел: ОрелГТУ, 2001. - 212 с.
6. Савин Л.А. Компьютерный практикум по инженерным расчетам. Учебное пособие. - Орел: ОрелГТУ, 2002. - 61 с.
7. Савин Л.А., Соломин О.В. Расчет элементов машин в системе EXCEL. Учебное пособие. - Орел: ОрелГТУ, 2001. - 90 с.
8. Савин Л.А., Анохин А.М., Дорофеев Л.В., Поляков Р.Н., Герасимов С.А., Сытин А.В. Детали машин и основы конструирования. Курсовое про-

ектирование. Учебное пособие. - Орел: Издатель Александр Воробьев, 2011. - 242 с.

9. Савин Л.А., Майоров С.В., Соломин О.В. Основы проектирования. Детали машин. Компьютерный практикум. Учебное пособие. - Орел: «Ид «Орловская литература и книгоиздательство» и К», 2008. - 224 с.

10. Савин Л.А., Поляков Р.Н., Стручков А.А. Основы проектирования. Детали машин. Лабораторный практикум. Учебное пособие. - Орел: «Ид «Орловская литература и книгоиздательство» и К», 2009. - 200 с.

11. Тимошенко С.П., Янг Д.Х., Уивер У. Колебания в инженерном деле. Машиностроение. 1985.

## 10.2 Дополнительная литература

12. Ануриев В.И. Справочник конструктора-машиностроителя. Изд. 8-е в 3-х тт. - М.: Машиностроение, 2001.

13. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике: Справочное пособие для инженеров и конструкторов в 7 томах. – М; Наука, 1979 г.

14. Гузенков П.Г. Детали машин. - М.: Высшая школа, 1982.

15. Джонс Д.К. Методы проектирования. – М; Мир, 1986. 326 с.

16. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для техн. спец. вузов. 7-е изд., испр. - М.: Высш. шк., 2001. 447 с.: ил.

17. Заблонский К.И. Детали машин: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов. - Киев.:Вища. школа, 1985. 518 с.

18. Иванов М.Н. Детали машин. Учебник для вузов. Изд. 6-е. М.: Высшая школа, 1998.

19. Иосилевич Г.Б. Детали машин. - М.: Машиностроение, 1988.

20. Проников А.С. Надежность машин - М: Машиностроение., 1978 – 592 с.

21. Решетов Д.Н. Детали машин. Учебник для вузов. Изд. 4-е. М.: Машиностроение, 1989.

22. Чернавский С.А, Снесарев Г.А.и др. Проектирование механических передач: Учебно-справочное пособие. - М.: Машиностроение, 1984.