

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение

Наименование образовательной программы: Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.12.01.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	2 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	2 семестр - 16 часов;
Практические занятия	2 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	2 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	2 семестр - 57,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Расчетно-графическая работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	2 семестр - 0,5 часа;

Москва 2020

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Островский В.Л.
	Идентификатор	Read73644-OstrovskyVL-5c33e8f9

(подпись)

В.Л. Островский

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Орахелашвили Б.М.
	Идентификатор	Rd5ae6c88-OrakelashvBM-6133e8

(подпись)

Б.М.

Орахелашвили

(расшифровка подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Волков А.В.
	Идентификатор	R369593e9-VolkovAV-775a725f

(подпись)

А.В. Волков

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Формирование знаний и освоение методов расчета прочностной надежности гидравлического оборудования – одного из основных показателей качества

Задачи дисциплины

- познакомить обучающихся с аналитическими, численными и вариационными методами расчетов на прочность;
- научить составлять рациональные расчетные схемы элементов гидравлического оборудования;
- научить решать прикладные задачи расчетов прочности и надежности элементов гидромашин;
- научить выбирать адекватные расчетные схемы элементов гидравлического оборудования.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способность использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности	ИД-1 _{ПК-3} Использует теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности повышенной эффективности	знать: - основные понятия теории надежности конструкций; - основные методы расчета напряженно-деформированного состояния элементов гидромашин. уметь: - составлять расчетные схемы элементов гидромашин; - использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах для выбора нужного метода решения задачи надежности; - анализировать полученные результаты.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные методы исследования равновесия и движения механических систем
- знать основы рабочего процесса гидротурбин, гидроприводов, отдельных рабочих органов и их взаимосвязь
- знать методы численного дифференцирования и интегрирования
- знать методы численного решения задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений и систем

- уметь применять основные методы исследования равновесия и движения механических систем

- уметь применять физико-математические методы для решения практических задач
- уметь обоснованно выбирать численный метод решения формализованной задачи
- уметь решать вычислительные задачи на компьютере, используя современное математическое обеспечение для инженерных расчётов

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Обеспечение надежности гидравлического оборудования	45	2	10	-	20	-	-	-	-	-	15	-	<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЛОПАТКИ РАДИАЛЬНОГО НАПРАВЛЯЮЩЕГО АППАРАТА ГТ Для заданного типа гидротурбины выполнить: - расчет основных силовых факторов, действующих на лопатку (R_r, q, $M_{кр}$, R_p); выбор основных размеров лопатки симметричного профиля; - расчет напряженно-деформированного состояния лопатки и направляющих втулок; выбор оптимального зазора в верхней цапфе; расчет напряжений в опасных сечениях лопатки и удельных давлений во втулках, соответствующих оптимальному зазору; - оценку прочностной надежности лопатки; - анализ влияния одного из параметров лопатки (усилие на рычаге R_p, длина рычага l_n, консоль рычага (15-14), толщина профиля лопатки) Приложить таблицы и графики зависимостей напряжений в расчетных сечениях, график зависимости оптимальных напряжений от варьируемого параметра</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> 1. РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ ЛОПАСТИ ПЛГТ Для заданного типа турбины по исходным данным и характеристикам для модельных турбин (Приложение 1) выполнить: 1.1 предварительную оценку</p>
1.1	Прочностная надежность лопастных гидромашин	9		2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
1.2	Усталостная прочность лопастей гидротурбин	9		2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
1.3	Динамическая прочность лопастей гидротурбин	9		2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
1.4	Расчет лопатки направляющего аппарата	9		2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
1.5	Расчет на прочность корпуса насоса	9		2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	

													<p>прочности - с учетом действия гидравлической и центробежной сил и гидравлического момента найти эквивалентные напряжения в корневом сечении и коэффициент запаса прочности;</p> <p>1.2 приближенный расчет напряженного состояния лопасти методом Ритца по заданным зависимостям поперечной нагрузки и толщины лопасти от текущих радиуса и угла; построить графики изменения прогиба и эквивалентных напряжений от радиуса и угла в характерных сечениях; приближенный расчет собственных колебаний лопасти.</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Расчет напряженного состояния лопастей ГТ. Предварительная оценка прочности лопасти поворотной-лопастной (ПЛ) ГТ. Приближенный статический расчет лопасти. Приближенный расчет собственных колебаний лопасти. Последовательность расчета лопатки направляющего аппарата на прочность. Анализ напряжений в расчетных сечениях и удельных давлений в направляющих втулках</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[1], [4] с. 14-24,30-41,48-56 [2], с.15-38 [4], [6],с.96-127,375-387 [5], [2], с.15-38 [8], стр. 17-23</p>
2	Расчет валов гидромашин (ГМ)	17	4	-	8	-	-	-	-	-	5	-	<p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Статическая и усталостная прочность вала. Жесткость вала. Запасы прочности. Критическая частота вращения вала. Расчет одномассового вала. Расчет двухмассового безинерционного вала. Расчет многомассового вала с распределенными</p>
2.1	Особенности расчета на прочность валов ГМ	9	2	-	4	-	-	-	-	-	3	-	
2.2	Колебания роторов гидромашин с	8	2	-	4	-	-	-	-	-	2	-	

	распределенной массой												параметрами. Метод начальных параметров. Матрица перехода; влияние податливости опор вала ГМ и гироскопических эффектов на собственные частоты <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], с. 197-205 [6], стр. 50-51 [7], стр. 10-30
3	Прочностная надежность гидроприводов (ГП)	10	2	-	4	-	-	-	-	-	4	-	<u>Подготовка расчетных заданий:</u> Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых ГП Расчет на прочность элементов ГП. Эквивалентные напряжения
3.1	Показатели надежности ГП	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
3.2	Прочностная надежность ГП	5	1	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0	16	-	32	-	2	-	-	0.5	24	33.5	
	Итого за семестр	108.0	16	-	32		2		-	0.5		57.5	

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Обеспечение надежности гидравлического оборудования

1.1. Прочностная надежность лопастных гидромашин

Детерминистический подход к проблеме надежности; коэффициенты запаса прочности. Факторы, определяющие надежность ГМ. Классификация сил, действующих в лопастных гидромашин (ЛГМ). Особенности деформации и разрушения ЛГМ. Способы расчета надежности ГМ; математическое моделирование. Общие расчетные схемы основных элементов ГМ; схемы элементов ЛГМ. Основные методы расчетов на прочность ГМ. Вариационные методы. Расчет напряженного состояния лопастей ГТ. Критерии прочности. Нормативный и фактический коэффициенты запаса прочности лопасти. Предварительная оценка прочности лопасти поворотной-лопастной (ПЛ) ГТ. Приближенный расчет лопасти методом Ритца с учетом реальных граничных условий..

1.2. Усталостная прочность лопастей гидротурбин

Усталостная прочность лопастей ГТ. Факторы, влияющие на нее. Характеристики материалов, используемых в ГМ. Запас усталостной прочности лопасти по напряжениям; долговечность лопасти. Допускаемые напряжения в расчетах лопастей на гидростатическую нагрузку. Учет дополнительных напряжений в расчетах лопастей радиально-осевых ГТ.

1.3. Динамическая прочность лопастей гидротурбин

Расчет лопастей ГТ на динамическую прочность. Приближенный расчет собственных колебаний лопасти как секториальной пластины с учетом реальных граничных условий. Влияние воды и рабочей камеры на частоты и формы собственных колебаний. Частоты вынужденных колебаний; способы отстройки от резонанса.

1.4. Расчет лопатки направляющего аппарата

Расчетная схема; действующие нагрузки; выбор геометрии лопатки. Последовательность расчета лопатки на прочность. Анализ напряжений в расчетных сечениях и удельных давлений в направляющих втулках.

1.5. Расчет на прочность корпуса насоса

Расчетная схема корпуса одноступенчатого насоса. Алгоритм численного интегрирования уравнений равновесия корпуса крупного насоса. Распределение меридиональных напряжений по сечению и по спиральному отводу; коэффициент запаса прочности; резервы снижения металлоемкости. Анализ влияния граничных условий гидроиспытаний, осевой разгрузки корпуса, формы меридионального сечения, угла наклона конической части сечения на напряженное состояние корпуса насоса. Особенности расчета корпуса насоса, подкрепленного меридиональными ребрами. Расчет крышек насоса. Крышка как жесткое кольцо. Расчет гладких крышек; расчет ребренных крышек как анизотропных круглых и кольцевых пластин. Запас прочности крышки..

2. Расчет валов гидромашин (ГМ)

2.1. Особенности расчета на прочность валов ГМ

Статическая и усталостная прочность вала. Жесткость вала. Запасы прочности. Критерии статической прочности и выносливости. Критическая частота вращения вала. Расчет одномассового вала. Учет гироскопического эффекта. Собственные колебания двухмассового вала; расчет вынужденных колебаний.

2.2. Колебания роторов гидромашин с распределенной массой

Метод начальных параметров. Матрица перехода; влияние податливости опор вала ГМ и гироскопических эффектов на собственные частоты. Продольные и крутильные колебания вала. Вынужденные колебания вала. Учет влияния рабочей жидкости. Влияние конструкции гидромашин на колебания вала. Балансировка роторов гидромашин.

3. Прочностная надежность гидроприводов (ГП)

3.1. Показатели надежности ГП

Отказ как нарушение работоспособности ГП. Классификация отказов ГП. Факторы, определяющие надежность ГП. Основные причины неисправности агрегатов ГП. Показатели надежности невосстанавливаемых и восстанавливаемых ГП. Интенсивность отказов элементов ГП.

3.2. Прочностная надежность ГП

Расчет количественного значения надежности. Прочностная надежность. Расчет на прочность элементов ГП. Расчетные схемы толстостенных цилиндров, тонкостенных труб. Эквивалентные напряжения. Учет формы днища (крышки) Коэффициенты запаса прочности элементов ГП. Расчет цилиндров на продольную устойчивость. Вероятность безотказной работы при знакопеременной нагрузке; коэффициент запаса долговечности. Надежность трубопроводной арматуры.

3.3. Темы практических занятий

1. предварительная оценка статической прочности лопасти ГТ;;
2. оценка статической прочности лопасти ГТ методом Ритца;;
3. расчет частот и форм собственных колебаний лопасти ПЛГТ;;
4. расчет на прочность лопатки направляющего аппарата ГТ;;
5. расчет гладких и орбренных крышек насоса;;
6. расчет колебаний валов с сосредоточенными массами;;
7. расчет собственных частот ротора гидромашин с распределенными параметрами..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Обеспечение надежности гидравлического оборудования"
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Расчет валов гидромашин (ГМ)"
3. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Прочностная надежность гидроприводов (ГП)"

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)			Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	
Знать:					
основные методы расчета напряженно-деформированного состояния элементов гидромашин	ИД-1пк-3		+		Расчетно-графическая работа/Особенности расчета на прочность валов ГМ
основные понятия теории надежности конструкций	ИД-1пк-3	+			Расчетно-графическая работа/Прочностная надежность лопастных гидромашин (ГМ)
Уметь:					
анализировать полученные результаты	ИД-1пк-3		+		Расчетно-графическая работа/Особенности расчета на прочность валов ГМ
использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах для выбора нужного метода решения задачи надежности	ИД-1пк-3	+			Расчетно-графическая работа/Прочностная надежность лопастных гидромашин (ГМ)
составлять расчетные схемы элементов гидромашин	ИД-1пк-3			+	Расчетно-графическая работа/Динамическая прочность элементов ГТ

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

2 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Динамическая прочность элементов ГТ (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Особенности расчета на прочность валов ГМ (Расчетно-графическая работа)
2. Прочностная надежность лопастных гидромашин (ГМ) (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №2)

Итоговая оценка определяется по итогам текущего контроля успеваемости и экзаменационной оценки

В диплом выставляется оценка за 2 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Прочность и надежность конструкций АЭС при экстремальных воздействиях / С. Е. Бугаенко, и др., Федеральное агентство по атомной энергии России . – М. : Энергоатомиздат, 2005 . – 576 с. - ISBN 5-283-00795-2 .;
2. Никитин, О. Ф. Надежность, диагностика и эксплуатация гидропривода мобильных объектов. Курс лекций с решением примеров : учебное пособие для вузов по направлению 150800 "Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника" специальности 150802 "Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика" / О. Ф. Никитин . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007 . – 312 с. - ISBN 978-5-7038-2965-3 .;
3. Орго, В. М. Основы конструирования и расчет на прочность гидротурбин : Учебное пособие для вузов по специальности "Гидравлические машины и средства автоматизации" / В. М. Орго . – Л. : Машиностроение, 1978 . – 224 с.;
4. Марцинковский, В. П. Насосы атомных электростанций / В. П. Марцинковский, П. Н. Ворона . – М. : Энергоатомиздат, 1987 . – 256 с.;
5. Грибков, А. М. Расчет колебаний валов гидромашин : Учебное пособие по курсу "Динамика и прочность гидромашин" / А. М. Грибков ; Ред. А. И. Куменко ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. – М. : Изд-во МЭИ, 1996 . – 40 с.;
6. Справочник по гидротурбинам / Ред. Н. Н. Ковалев . – Л. : Машиностроение, 1984 . – 496 с.;
7. Прочность гидромашин. Расчетные схемы основных элементов гидромашин : Динамика и прочность гидромашин / А. М. Грибков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – 1996 . – 36 с.;

8. Карпов К. А., Олехнович Р. О.- "Прикладная гидрогазодинамика", Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2018 - (100 с.)
<https://e.lanbook.com/book/107938>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. Антиплагиат ВУЗ.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-102(а), Мультимедийный класс	парта со скамьей, стол преподавателя, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Г-102(а), Мультимедийный класс	парта со скамьей, стол преподавателя, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-102(а), Мультимедийный класс	парта со скамьей, стол преподавателя, шкаф для хранения инвентаря, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки звуковые, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный, принтер
Помещения для самостоятельной работы	Г-205/2, Кабинет сотрудников каф. "ГГМ"	кресло рабочее, стеллаж, стул, шкаф, шкаф для документов, стол письменный, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для консультирования	Г-219/2, Преподавательская	кресло рабочее, стол преподавателя, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, шкаф для хранения инвентаря, компьютерная сеть с выходом в Интернет, колонки, многофункциональный центр, компьютер персональный, холодильник,

		кондиционер
	Г-208, Преподавательская	кресло рабочее, стол, стул, шкаф, шкаф для документов, шкаф для одежды, стол письменный, компьютер персональный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Г-05, Мастерская каф. "ГГМ"	стеллаж для хранения инвентаря

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ**Динамика и прочность гидравлического оборудования**

(название дисциплины)

2 семестр**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Прочностная надежность лопастных гидромашин (ГМ) (Расчетно-графическая работа)

КМ-2 Особенности расчета на прочность валов ГМ (Расчетно-графическая работа)

КМ-3 Динамическая прочность элементов ГТ (Расчетно-графическая работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	5	10	16
1	Обеспечение надежности гидравлического оборудования				
1.1	Прочностная надежность лопастных гидромашин		+		
1.2	Усталостная прочность лопастей гидротурбин		+		
1.3	Динамическая прочность лопастей гидротурбин		+		
1.4	Расчет лопатки направляющего аппарата		+		
1.5	Расчет на прочность корпуса насоса		+		
2	Расчет валов гидромашин (ГМ)				
2.1	Особенности расчета на прочность валов ГМ			+	
2.2	Колебания роторов гидромашин с распределенной массой			+	
3	Прочностная надежность гидроприводов (ГП)				
3.1	Показатели надежности ГП				+
3.2	Прочностная надежность ГП				+
Вес КМ, %:			30	40	30