

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«УФИМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АВИАЦИОННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Кафедра «Прикладная гидромеханика»

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

 Н. Г. Зарипов

« 02 » 09 20 15 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**«НЕСТАЦИОНАРНЫЕ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ В ГИДРОПРИВОДАХ  
И ГИДРОПНЕВМОАГРЕГАТАХ»**

Уровень подготовки: высшее образование – подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура)

15.06.01 Машиностроение  
(код и наименование направления подготовки)

Направленность подготовки

Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты  
(наименование программы подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

Исследователь. Преподаватель исследователь

Форма обучения

очная

Уфа 201 5

## Содержание

1. Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	3
2. Перечень результатов обучения .....	4
3. Содержание и структура дисциплины (модуля) .....	4
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов .....	6
5. Фонд оценочных средств.....	7
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) ....	10
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины.....	11
8. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ.....	12
ЛИСТ согласования рабочей программы .....	13

# 1. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нестационарные газодинамические эффекты в гидроприводах и гидропневмоагрегатах» является дисциплиной по выбору вариативной части.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации (аспирантура) 15.06.01 Машиностроение, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от "30" июля 2014 г. № 881 и приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.04.2015 N 464 "О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)". Является неотъемлемой частью основной образовательной профессиональной программы (ОПОП).

**Целью освоения дисциплины** является приобретение навыков в математическом описании процессов в системах гидравлических и пневматических приводов (СГиППр), исследовании устойчивости и качества регулирования, обеспечивающих оптимальные характеристики систем.

## Задачи:

- постановка, планирование и проведение научно-исследовательских работ теоретического и прикладного характера при разработке новых гидро- и пневмоагрегатов; разработка перспективных конструкций гидравлических и пневматических машин, систем и оборудования; оптимизация проектных решений СГиППр с учетом неустановившегося движения рабочей среды;
- создание прикладных программ расчета течений рабочей среды в гидравлических и пневматических машинах, системах и оборудовании; разработка моделей физических процессов в современных устройствах СГиППр; разработка новых методов экспериментальных исследований СГиППр; анализ результатов исследований СГиППр и их обобщение;
- разработка пакетов прикладных программ и использование численных методов расчета течений двухфазных сред в СГиППр сложных технических объектов.

При изучении дисциплины необходимы знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплин цикла магистерской подготовки по направлениям 14.11.00 Энергомашиностроение.

Знания, умения и навыки, полученные студентами в ходе изучения данной дисциплины, используются при выполнении научно-исследовательских работ.

Знания, умения и навыки, полученные студентами в ходе изучения данной дисциплины являются основой для выполнения научно-исследовательской, педагогической практики и подготовке кандидатской диссертации.

## Входные компетенции:

№	Компетенция	Код	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Название дисциплины (модуля), практики, научных исследований, сформировавших данную компетенцию
1	Способность разрабатывать гидравлические машины и гидропневмоагрегаты для объектов машиностроения	ПК-1	Повышенный уровень	Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты

Исходящие компетенции контролируются ГИА.

## 2. Перечень результатов обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций.

Планируемые результаты обучения по дисциплине:

№	Формируемые компетенции	Код	Знать	Уметь	Владеть
1	Способность разрабатывать системы гидравлических и пневматических приводов для объектов машиностроения.	ПК-2	- системы автоматического регулирования параметров энергетических объектов; - системы контроля и диагностики параметров гидравлических и пневматических приводов	- исследовать электрогидравлические системы управления объектов машиностроения; - составлять технические задания на проектирование систем автоматического управления и контроля параметров объектов машиностроения с использованием элементов и устройств исполнительной-гидроавтоматики	- приемами работы на персональном компьютере с системой автоматизированного конструирования и моделирования; - компьютерными программами моделирования и оптимизации систем автоматического управления

## 3. Содержание и структура дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц (252 часа).

Трудоемкость дисциплины по видам работ

Вид работы	Трудоемкость, час.	
	3 семестр	4 семестр
Лекции (Л)	6	4
Практические занятия (ПЗ)	8	6
Самостоятельная работа (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам, рубежному контролю и т.д.)	85	98
Подготовка и сдача экзамена	–	36
Подготовка и сдача зачета	9	–
Вид итогового контроля (зачет, экзамен)	зачет	экзамен

Содержание разделов и формы текущего контроля

№	Наименование и содержание раздела	Количество часов						Литература, рекомендуемая студентам	Виды интерактивных образовательных технологий
		Аудиторная работа				СРС	Всего		
		Л	ПЗ	ЛР	КСР				
1	Основы механики жидкости и газа: гидростатика и кинематика.	2		–	–	20	22		лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
2	Динамика жидкости и газа	2	4	–	–	25	31		лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
3	Нестационарные гидромеханические процессы. Неустановившиеся движения рабочих сред.	2	4	–	–	40	46		лекция-визуализация, обучение на основе опыта, проблемное обучение
4	Кавитационные течения	2	4	–	–	49	55		лекция-визуализация, обучение на основе опыта,
5	Гидродинамика двухфазной жидкой среды	2	2	–	–	49	54		лекция-визуализация, обучение на основе опыта,

## Практические занятия

№ занятия	№ раздела	Тема	Кол-во часов
1	2	Динамика жидкости и газа	4
2	3	Неустановившиеся движения рабочих сред.	4
3	4	Кавитационные течения в струйных элементах	4
4	5	Гидродинамика двухфазной жидкой среды	2

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Основы механики жидкости и газа.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Введение. Задачи курса. Общие положения и вводные замечания.
2. Основные свойства жидкостей и газов.
3. Давление жидкости. Закон Паскаля. Гидростатика. Уравнение Эйлера.
4. Кинематика жидкости и газа.
5. Два способа описания движения жидкой среды. Линии тока и траектории.
6. Уравнение неразрывности (сплошности).
7. Теорема Коши-Гельмгольца. Характер и виды движения жидкой частицы.

#### Тема 2. Динамика жидкости и газа.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Уравнения движения в напряжениях.
2. Уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости: Эйлера, Навье-Стокса.
3. Турбулентные течения. Уравнения О. Рейнольдса. Гипотезы турбулентности.
4. Безразмерная форма уравнений гидромеханики. Критерии подобия.
5. Некоторые особенности нестационарного движения вязкой жидкости.
6. Математические модели движения жидкости с переменной температурой.
7. Условия, при соблюдении которых жидкость (газ) можно считать несжимаемой.
8. Математические модели идеализированных элементов пневмогидравлических систем (ПГС) с сосредоточенными параметрами.
9. Линейные и линеаризованные математические модели процессов в ПГС. О влиянии вязкости жидкости. Переход к одномерной модели движения.

#### Тема 3. Нестационарные гидромеханические процессы. Неустановившиеся движения рабочих сред.

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Границы устойчивости ламинарного неустановившегося движения рабочих сред.
2. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочих сред.
3. Линеаризованные уравнения неустановившегося движения рабочей среды в трубе. Передаточная функция для касательного напряжения на стенке трубы при неустановившемся ламинарном движении среды. Касательные напряжения на стенке и распределение местных скоростей при колебаниях ламинарного потока в трубе.
4. Гидравлическое сопротивление трубы при ламинарном неустановившемся движении среды. Приближенная модель турбулентного неустановившегося потока в трубе.

5. Неустановившееся движение рабочих сред в щелях и на участках труб с местными сопротивлениями.

6. Математическое моделирование неустановившегося движения жидкой среды в трубе. Аналитические и численные методы расчета неустановившегося движения жидкой среды в трубе. Пневмогидравлические системы (ПГС) сложных объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами.

7. Гидравлический удар. Аналитические и численные методы решения волновых и численных уравнений.

#### **Тема 4. Кавитационные течения.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Разрыв сплошности среды. Понятие кавитации. Примеры кавитационных течений.

2. Средства борьбы с кавитацией.

3. Особенности моделирования кавитационных течений.

4. Кавитационные течения в высоконапорных струйных элементах.

5. Динамика роста сферической каверны в струйном гидрораспределителе. Замыкание поступательно движущейся каверны.

6. Струйно – кавитационный способ регулирования гидравлических рулевых машин.

7. Эффект кавитационной стабилизации расхода в гидроприводах. Устройства, использующие данный эффект.

#### **Тема 5. Гидродинамика двухфазной жидкой среды.**

Вопросы для самостоятельного изучения:

1. Движение частицы в жидкости.

2. Движение газа с взвешенными в нем твердыми частицами. Газожидкостные смеси. Уравнения механики сплошных гетерогенных сред.

3. Уравнения гидромеханики монодисперсной смеси идеального газа с каплями или частицами.

4. Уравнения гидромеханики монодисперсных смесей жидкости с пузырьками газа или пара.

### **5. Фонд оценочных средств**

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Уровень освоения, определяемый этапом формирования компетенции	Наименование оценочного средства*
1	Основы механики жидкости и газа: гидростатика и кинематика.	ПК-2	повышенный	Т, ДЗ
2	Динамика жидкости и газа	ПК-2	повышенный	Т, ДЗ
3	Нестационарные гидромеханические процессы. Неустановившиеся движения рабочих сред.	ПК-2	повышенный	Т, ДЗ
4	Кавитационные течения	ПК-2	Повышенный	Т, ДЗ
5	Гидродинамика двухфазной жидкой среды	ПК-2	повышенный	Т, ДЗ

#### **Вопросы к зачету и экзамену**

1. Основные свойства жидкостей и газов.
2. Основные законы механики, используемые для описания поведения жидкостей.
3. Основные законы механики, используемые для описания поведения газов.
4. Основные уравнения гидродинамики.
5. Динамика идеальной жидкости.
6. Уравнение неразрывности (сплошности).
7. Уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости.
8. Турбулентные течения.
9. Уравнения движения жидкости в напряжениях.
10. Безразмерная форма уравнений гидромеханики.
11. Критерии подобия.
12. Математические модели движения жидкости с переменной температурой.
13. Влияние вязкости на движение жидкости с переменной температурой.
14. Одномерная модель движения жидкости.
15. Условия, при соблюдении которых жидкость можно считать несжимаемой.
16. Условия, при соблюдении которых газ можно считать несжимаемым
17. Математические модели идеализированных элементов пневматических систем с сосредоточенными параметрами.
18. Математические модели идеализированных элементов гидравлических систем с сосредоточенными параметрами.
19. Линейные математические модели процессов в ПГС.
20. Линеаризованные математические модели процессов в ПГС.
21. Гидромеханические задачи динамики пневмосистем.
22. Гидромеханические задачи динамики гидросистем
23. Границы устойчивости ламинарного неустановившегося движения рабочих сред.
24. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочих сред.
25. Линеаризованные уравнения неустановившегося движения рабочей среды в трубе.
26. Передаточная функция для касательного напряжения на стенке трубы при неустановившемся ламинарном движении среды.
27. Касательные напряжения на стенке при колебаниях ламинарного потока в трубе.
28. Распределение местных скоростей при колебаниях ламинарного потока в трубе.
29. Гидравлическое сопротивление трубы при ламинарном неустановившемся движении среды.
30. Приближенная модель турбулентного неустановившегося потока в трубе.
31. Неустановившееся движение рабочих сред в щелях.
32. Неустановившееся движение рабочих сред на участках труб с местными сопротивлениями.
33. Математическое моделирование неустановившегося движения жидкой среды в трубе.
34. Аналитические методы расчета неустановившегося движения жидкой среды в трубе.
35. Численные методы расчета неустановившегося движения жидкой среды в трубе.
36. Пневматические системы сложных объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами.
37. Гидравлические системы сложных объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами.

38. Пневмогидравлические системы сложных объектов с сосредоточенными и распределенными параметрами.
39. Гидравлический удар. Общие понятия.
40. Аналитические и численные методы решения волновых и численных уравнений.
41. Кавитационные течения в высоконапорных струйных элементах.
42. Динамика роста сферической каверны в струйном гидрораспределителе. Замыкание поступательно движущейся каверны.
43. Струйно-кавитационный способ регулирования гидравлических рулевых машин
44. Движение частицы в жидкости.
45. Движение газа со взвешенными в нем твердыми частицами.
46. Газожидкостные смеси.
47. Уравнения механики сплошных гетерогенных сред.
48. Уравнения гидромеханики монодисперсной смеси идеального газа с каплями или частицами.
49. Уравнения гидромеханики монодисперсных смесей жидкости с пузырьками газа или пара.
50. Методы описания двухфазного тепло- и массообмена в пузырьковой среде. Механика процессов околодисперсных частиц, капель и пузырьков.

### **Примеры контрольных задач:**

#### **Задача 1.**

Рассчитать расход и ширину зоны стабилизации для струйно-кавитационного стабилизатора расхода со следующими безразмерными геометрическими параметрами:  $d = 1,6$  мм;  $\bar{d} = 1,25$ ;  $\bar{h} = 0,93$ ;  $\bar{l} = 5$ ;  $\beta = 12^\circ$ .

#### **Задача 2.**

Рассчитать время роста кавитационного пузырька в жидкости с плотностью  $880$  кг/м<sup>3</sup> и вязкостью  $120$  сСт, если импульс давления равен  $4$  с.

#### **Задача 3.**

Написать уравнение роста кавитационной каверны в цилиндрических и сферических координатах.

### **Критерии оценки:**

- оценка «отлично» выставляется аспиранту, если аспирант показал всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой, усвоивший взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;
- оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если аспирант показал полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе, показавший систематический характер знаний по дисциплине и способный к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;
- оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если аспирант показал знание основного учебно-программного материала, в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной

программой, допустивший погрешности в ответе, но обладающий необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, если аспирант показал пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустивший принципиальные ошибки в выполнении заданий, предусмотренных программой заданий. Аспиранту, который не может продолжать обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1 Основная литература**

1. Месропян А. В. Моделирование струйных гидравлических рулевых машин: Учебное пособие/ А. В. Месропян, В. А. Целищев. – Уфа: Изд. Уфимск.гос. авиац. техн. ун-т, 2008. – 196 с.

2. Целищев В. А. Гидравлический привод и гидроагрегаты/ Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т. – Уфа: УГАТУ, 2008. – 282 с.

3. Петров П.В., Целищев В. А. Основы алгоритмического моделирования нелинейных гидромеханических устройств: Учебное пособие-Уфа: Изд. Уфимск .гос. авиац. техн. ун-та, 2012. – 136 с.

4. Пархимович А.Ю., Целищев В. А. Пластинчатые насосы: Учебное пособие – Уфа: Изд. Уфимск .гос. авиац. техн. ун-та, 2012. – 109 с.

### **6.2 Дополнительная литература**

1. Гимранов Э.Г. Нестационарные гидрогазодинамические эффекты в системах гидравлических и пневматических приводов: [учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению магистерской подготовки 150800 «Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника»]/Э.Г. Гимранов, В.А. Целищев; ГОУ ВПО УГАТУ, 2008.– 188 с.: ил.; 21 см.

### **6.3. Интернет-ресурсы (электронные учебно-методические издания, лицензионное программное обеспечение)**

На сайте библиотеки <http://library.ugatu.ac.ru/> в разделе «Информационные ресурсы», подраздел «Доступ к БД» размещены ссылки на интернет-ресурсы.

Отечественные и зарубежные журналы из следующего перечня:

Отечественные журналы	Электронный адрес	Зарубежные журналы	Электронный адрес
Новые промышленные технологии;	<a href="http://www.cnilot.ru">http://www.cnilot.ru</a>	Welding and cutting	<a href="http://www.welding-and-cutting.info/">http://www.welding-and-cutting.info/</a>
Вестник машиностроения	<a href="http://mashin.ru">http://mashin.ru</a>	Giesserei	
Стандарты и качество	<a href="http://ria-stk.ru">http://ria-stk.ru</a>	Foundry	<a href="http://www.foundrymag.com/">http://www.foundrymag.com/</a>
Безопасность жизнедеятельности	<a href="http://novtex.ru">http://novtex.ru</a>	Engineer	
Безопасность труда в промышленности	<a href="http://www.btpna-dzor.ru/">http://www.btpna-dzor.ru/</a>	Welding design and fabrication	<a href="http://weldingdesign.com/past-issues/">http://weldingdesign.com/past-issues/</a>
Проблемы машиностроения и	<a href="http://elibrary.ru/contents.asp?titleid">http://elibrary.ru/contents.asp?titleid</a>	Soudure	

автоматизации	<a href="#">=7307</a>		
Сертификация	<a href="http://www.vniis.ru/issues/65">http://www.vniis.ru/issues/65</a>	Welding journal	<a href="http://pubs.aws.org/index.php">http://pubs.aws.org/index.php</a>
Техника машиностроения	<a href="http://www.mashizdat.ru/tehmash.html">http://www.mashizdat.ru/tehmash.html</a>	Welding international	<a href="http://journalseek.net/eng.htm">http://journalseek.net/eng.htm</a>
Техническая диагностика и неразрушающий контроль	<a href="http://www.nbu.gov.ua/portal/naturaltdnk/index.html">http://www.nbu.gov.ua/portal/naturaltdnk/index.html</a>	Schweisstechnik	<a href="http://www.lorch.biz/index.php?id=5377&amp;L=1">http://www.lorch.biz/index.php?id=5377&amp;L=1</a>
Трение и износ	<a href="http://mpri.org.by">http://mpri.org.by</a>	Schweissen und Schneiden	<a href="http://www.schweissenuschneiden.de/sus2009/downloads/pdf/sus_r_2011_anmeldung_full.pdf">http://www.schweissenuschneiden.de/sus2009/downloads/pdf/sus_r_2011_anmeldung_full.pdf</a>
Химическое и нефтегазовое машиностроение	<a href="http://www.himnef.ru/">http://www.himnef.ru/</a>	Известия вузов. Ядерная энергетика	<a href="http://journal.iate.obninsk.ru">http://journal.iate.obninsk.ru</a>
Информационные технологии	<a href="http://novtex.ru">http://novtex.ru</a>	Вестник машиностроения	<a href="http://mashin.ru/">http://mashin.ru/</a>
Компрессорная техника и пневматика	<a href="http://chemtech.ru">http://chemtech.ru</a>	Механика жидкости и газа	<a href="http://mzg.ipmnet.ru">http://mzg.ipmnet.ru</a>
Энергетическое машиностроение	<a href="http://www.ansysolutions.ru/?id=64">http://www.ansysolutions.ru/?id=64</a>	Промышленная энергетика	<a href="http://energy-journals.ru/market/promen/">http://energy-journals.ru/market/promen/</a>

### 6.3 Методические указания к практическим занятиям

Практикум подисциплине «Современные системы гидравлических и пневматических приводов (СГ и ППр)» / Уфимск. гос. авиац. техн. ун-т; Сост.: В.А. Целищев. – Уфа, 2008. – 64 с.

## 7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лекционная аудитория, оборудованная проектором, экраном и компьютером с необходимым программным обеспечением. Класс, оборудованный компьютерами с необходимым программным обеспечением.

**Лаборатория проектирования пневмогидравлических систем** с отделениями пневмоавтоматики, гидроавтоматики, гидрогазодинамики. Лаборатория оснащена средствами мультимедиа, интерактивными досками с проекторами, двадцатью 2-х и 4-х ядерными компьютерами, подключенными к сети Internet и суперкомпьютеру УГАТУ. Программное обеспечение включает в себя средства разработки 3D моделей Inventor, MechanicalDesktop, CADMechDesktop, SolidWorks, Kosmos и др.; средства разработки 2D чертежей AutoCADrus, CADMech; средства технологической подготовки производства TechCard, EdgeCAM; средства анализа гидромеханических процессов Flow-3D, FlowVision, CosmosFloWorks, StarCD, AnsisCFX, Fluent, Flower, LSDyna и др.; средства кинематического и напряженно-деформированного анализа visualNASTRAN 4D; программы для динамического анализа Maple, Mathcad.

**Лаборатория экспериментальных исследований гидравлических систем.** Сборка, отладка и диагностика элементов и узлов систем автоматического управления энергетических машин. Оборудование позволяет реализовать автоматизированное проведение и обработку результатов экспериментов с использованием программно-аппаратного комплекса для

моделирования динамических процессов (на базе LabView), обучение аппаратной части, чтение лекций и проведение практических и лабораторных работ, проведение учебно-научных семинаров с использованием мультимедийных интерактивных презентационных средств в помещении лаборатории. Единое программное обеспечение (LabView) проведения научных исследований на экспериментальных установках УНИЦ «Гидропневмоавтоматика» дает возможность улучшить качество представления результатов экспериментальных исследований, упростить методику их внедрения в учебный процесс. Обеспечение быстрого доступа (локальные сети) к качественной информации о научных исследованиях, представленных в едином формате, предусматривает развитие сотрудничества между научными школами и студентами различных форм обучения и направлений. Автоматизированный измерительный комплекс (SCADA) на элементной и приборной базе National Instruments (США):

1. Уникальный автоматизированный стенд "Исследование статических и динамических характеристик гидравлических исполнительных механизмов". Предназначен для экспериментальных исследований гидравлических исполнительных механизмов энергетических установок. Производства (2008 г.) Государственного ракетного центра.

2. Уникальный автоматизированный стенд «Гидродинамическое моделирование высокоскоростного многофазного течения жидкости» для проведения исследований в области гидродинамики высоконапорных течений несжимаемой жидкости (в том числе вихревых и кавитационных). Производства (2008 г.) Научно-исследовательского института технологий (НИИТ) для проведения исследований нестационарных гидрогазодинамических эффектов.

3. Уникальный автоматизированный стенд «Диагностика гидрооборудования» для проведения периодических, приемо-сдаточных и сертификационных испытаний гидрооборудования. Производства (2008 г.) компании Hydac.

4. Стенд «Основы гидромеханики» для проведения комплексных лабораторных работ с возможностью самостоятельной сборки и отладки гидросистем.

6. Стенд "Пневматические системы и аппаратура" для проведения лабораторных работ с возможностью самостоятельной сборки и отладки гидросистем.

Мультимедийный класс. Учебная аудитория, оборудованная современным мультимедийным оборудованием и учебным программным обеспечением.

## **8. Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ**

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

**ЛИСТ**  
**согласования рабочей программы**

Направление подготовки: 15.06.01 Машиностроение  
код и наименование

Направленность подготовки: «Гидравлические машины и гидропневмоагрегаты»  
наименование

Дисциплина: «Нестационарные газодинамические эффекты в гидроприводах и гидропневмоагрегатах»

Учебный год 2015/2016

РЕКОМЕНДОВАНА заседанием кафедры «Прикладная гидромеханика»  
наименование кафедры

протокол № 5 от "22" апреля 2015 г.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ В.А. Целищев  
подпись расшифровка подписи

Исполнители:  
Профессор \_\_\_\_\_ В.А. Целищев  
должность подпись расшифровка подписи

СОГЛАСОВАНО:

Председатель НМС по УГСН 15.06.01. Машиностроение  
протокол № 1 от "31" 08 2015 г.

\_\_\_\_\_ Мотков С.Г.  
личная подпись расшифровка подписи

Библиотека \_\_\_\_\_ Г.В. Дмитриева 11.05.2015г.  
личная подпись расшифровка подписи дата

Начальник отдела аспирантуры \_\_\_\_\_ Р.К. Файтахов 25.05.2015г.  
личная подпись расшифровка подписи дата

Рабочая программа зарегистрирована в ООПМА и внесена в электронную базу дан-  
ных  
Начальник \_\_\_\_\_ И.А. Лакман \_\_\_\_\_ 2015г.  
личная подпись расшифровка подписи дата