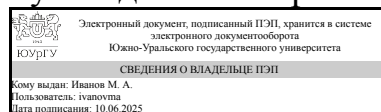


ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель направления



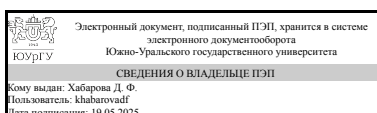
М. А. Иванов

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.О.21 Гидравлика и основы гидропневмосистем
для направления 15.03.01 Машиностроение
уровень Бакалавриат
форма обучения очная
кафедра-разработчик Гидравлика и гидропневмосистемы**

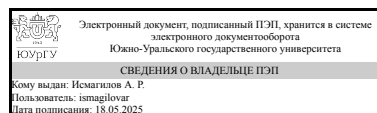
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, утверждённым приказом Минобрнауки от 09.08.2021 № 727

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н.



Д. Ф. Хабарова

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



А. Р. Исмагилов

1. Цели и задачи дисциплины

Задача изучения гидравлики состоит в формировании у студентов глубоких знаний о законах движения и равновесия жидкостей и газов, их силового взаимодействия с обтекаемыми телами с целью выработки умений и представлений, необходимых для усвоения других общетехнических и профилирующих предметов, а также для решения инженерных задач, возникающих при эксплуатации промышленного гидравлического и газового оборудования и систем на их основе.

Краткое содержание дисциплины

Дисциплина "Гидравлика" знакомит студентов с общими законами покоя и движения жидкостей (капельных и газообразных), учит анализировать различные гидравлические явления и строить их математические модели. Предлагаемый студентам курс дает возможность приобрести начальные навыки в решении гидравлических задач. В течение семестра студенты решают задачи на практических занятиях, выполняют тестирование по материалам лекционных занятий, выполняют лабораторные работы. Вид промежуточной аттестации: зачет.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-12 Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения	Знает: Основные физические свойства жидкостей и газов, законы их кинематики, статики и динамики, силы, действующие в жидкостях, гидромеханические процессы, гидравлическое оборудование; Умеет: Использовать для решения типовых задач законы гидравлики, проектировать гидравлические системы; Использовать математические модели гидравлических явлений и процессов, проводить гидромеханические эксперименты в лабораторных условиях; Имеет практический опыт: Использования методов расчета жидких и газообразных потоков;
ОПК-13 Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения	Знает: Проблемы создания машин различных типов, в которых используются гидравлические системы; Умеет: Использовать для решения типовых задач законы гидравлики, проектировать гидравлические системы; Имеет практический опыт: Расчета и исследования характеристик гидросистем;

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.15 Теоретическая механика	1.О.17 Детали машин

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.15 Теоретическая механика	Знает: Основные понятия и аксиомы механики, операции с системами сил, действующими на твердое тело; Умеет: Решать типовые задачи кинематики, статики и динамики при проектировании машиностроительных изделий; Имеет практический опыт: Самостоятельной работы, практического использования методов теоретической механики для решения задач в области конструкторско-технологического обеспечения машиностроительных производств;

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч., 54,25 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах
		Номер семестра
		3
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108
<i>Аудиторные занятия:</i>	48	48
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	53,75	53,75
Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета, подготовка к защите лабораторных работ №1-№7.	18	18
Подготовка к зачету	17,75	17,75
Подготовка к практическим занятиям	18	18
Консультации и промежуточная аттестация	6,25	6,25
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Введение. Жидкость Определение, напряженное состояние, свойства	6	2	2	2
2	Гидростатика	10	4	4	2
3	Одномерное течение жидкой среды (капельной и газообразной). Общие понятия, закономерности, уравнения	6	2	2	2
4	Гидравлические сопротивления	12	4	4	4

5	Пространственное течение жидкой среды. Основные характеристики, уравнения	4	2	2	0
6	Гидрогазодинамические расчеты	10	2	2	6

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Введение Предмет механики жидкости и газа, краткий исторический очерк развития, заслуги отечественных ученых. Жидкость. Определение, напряженное состояние, свойства. 1. Гидравлическое представление о жидкости (капельной и газообразной) 2. Напряженное состояние жидкой среды. Силы, действующие в жидкости, нормальные и касательные напряжения, единицы измерения напряжений. 3. Физические свойства жидкостей и газов. Вязкость, сжимаемость, температурное расширение, растворение газов в жидкостях, изменение агрегатного состояния среды. Модели жидкой среды. 4. Основы теории подобия. Условия и критерии подобия, критериальные уравнения. Примеры выбора опытной модели.	2
2	2	Статика жидкости. Анализируются основные закономерности статики жидкости.	2
3	2	Действие сил давления на плоские и криволинейные поверхности. Относительный покой жидкости.	2
4	3	Одномерное течение жидкой среды (капельной и газообразной). Общие понятия, закономерности, уравнения. 1. Особенности течения жидкости, математическое описание и графическое представление: линии тока и живое сечение. Разновидности течения жидкой среды. 2. Сущность одномерного подхода к решению гидрогазодинамических задач. 3. Основные характеристики потока в живом сечении и их анализ. 4. Общие законы и уравнения гидрогазодинамики одномерных стационарных течений (интегральная форма законов сохранения). 4.1 Уравнение неразрывности (баланса расходов). 4.2 Уравнение количества движения. 4.3 Уравнение энергии и его анализ. 4.4 Механическая форма уравнения энергии (уравнение Д. Бернулли). 5. Задача гидрогазодинамики и ее постановка в одномерном приближении. 6. Закономерности одномерного стационарного движения капельной жидкости. 6.1 Основные уравнения и их анализ. 6.2 Зависимость параметров потока от площади живых сечений. 6.3 Напорные и пьезометрические линии. 7. Закономерности установившихся изозэнтропийных одномерных течений газа. Условия, при которых действительные течения газа приближаются к изозэнтропическим. Основные уравнения и их анализ. Параметры торможения и критические параметры газового потока. 8. Разгон и торможение дозвукового и сверхзвукового потока жидкой среды при различных воздействиях. Закон обращения воздействия.	2
5	4	Гидравлические сопротивления. 1. Характер задач и классификация гидравлических сопротивлений. 2. Режимы течения жидкости. 3. Силы сопротивления и потери удельной механической энергии потока. Общие формулы для их определения. Понятие о пограничном слое.	2
6	4	4. Сопротивления по длине. 4.1 Равномерное течение жидкости в трубах и условия его существования. 4.2 Формулы для коэффициента гидравлического трения. Влияние средней скорости на потери удельной механической энергии. 5. Местное гидравлическое сопротивление Особенности течения жидкости на участке канала с местным сопротивлением. Структура формул для определения коэффициента потерь. 6. Пути снижения потерь удельной механической энергии в гидро- и пневмосистемах.	2

7	5	Пространственное (многомерное) течение жидкой среды 1. Кинематические характеристики потока (поля линейной и угловой скоростей, ускорений. 2. Дифференциальные уравнения движения идеальной и вязкой жидкости и их анализ (Уравнения Эйлера и Навье-Стокса). 3. Общая постановка задачи прикладной гидрогазодинамики. Начальные и граничные условия. 4. Обтекание тел жидкостью. Формула Жуковского о подъемной силе.	2
8	6	Гидрогазодинамические расчеты элементов гидро- и пневмосистем. 1. Истечение капельной жидкости через отверстие и насадки. Коэффициенты истечения, формула Торичелли, напор истечения. 2. Истечение газов через отверстие и суживающиеся сопла. Формула Сен-Венана. 3. Сопло Лавалья. Расчетный режим. 4. Расчет трубопроводов. 5. Гидравлический удар в трубах.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Физические свойства жидкостей и газов. Вязкость, сжимаемость, температурное расширение, растворение газов в жидкостях, изменение агрегатного состояния среды.	2
2	2	Статика жидкости. Анализируются основные закономерности статике жидкости. Выполняются типовые гидростатические расчеты.	2
3	2	Действие сил давления на плоские и криволинейные поверхности.	2
4	3	Напорные и пьезометрические линии	2
5	4	Гидравлические сопротивления	2
6	4	Гидравлические сопротивления	2
7	5	Примеры точного решения дифференциальных уравнений: основное уравнение гидростатики, интеграл Бернулли, ламинарное течение жидкости в круглой трубе.	2
8	6	Гидрогазодинамические расчеты	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Лабораторная работа №1. Изучение свойств жидкости. Экспериментальное определение плотности, вязкости, коэффициентов поверхностного натяжения и температурного расширения капельных жидкостей.	2
2	2	Лабораторная работа №2. Изучение устройства и принципа действия жидкостных приборов для измерения давления. Приобретение навыков определения положительного и отрицательного избыточного давления с помощью пьезометров и "U"-образных мановакуумметров. Определение гидростатического давления в заданной точке покоящейся жидкости на примере использования основного уравнения гидростатики. Защита Лабораторной работы №1.	2
3	3	Лабораторная работа №3. Баланс энергии у стационарного потока. Опытным путем строятся пьезометрические и напорные линии для потока жидкости в трубках постоянного и переменного сечения и на их основе прослеживаются закономерности одномерных течений капельной жидкости. Приобретение навыков опытного определения полного напора и его составляющих. Защита Лабораторной работы №2.	2
4	4	Лабораторная работа №4. Исследование местных гидравлических	2

		сопротивлений фасонных участков (мерной диафрагмы, регулируемой задвижки, тройника). Ознакомление с методикой экспериментального определения коэффициентов местных сопротивлений. Определение потерь напора в местных гидравлических сопротивлениях. Защита Лабораторной работы №3.	
5	4	Лабораторная работа №5. Исследование гидравлических сопротивлений по длине на прямом участке трубопроводов различного диаметра. Ознакомление с методикой экспериментального определения коэффициентов гидравлического трения. Исследование влияния числа Рейнольдса на эти коэффициенты. Определение гидравлических потерь напора по длине. Защита Лабораторной работы №4. Защита отчетов по лабораторным работам №1-№4.	2
6	6	Лабораторная работа №6. Основные параметры и характеристики потока в живом сечении. Ознакомление с техникой и методом измерения скорости, статического и полного давления дозвукового потока газа трубками Пито и пьезометрами. Приобретение навыков опытно-расчетного определения основных характеристик потока в живом сечении (расхода, количества движения, напора и мощности). Защита Лабораторной работы №5.	2
7	6	Лабораторная работа №7. Исследование истечения газа через отверстие. Защита Лабораторной работы №6.	2
8	6	Защита Лабораторной работы №7. Сдача отчета по всем лабораторным работам. Тестирование (по всем разделам).	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Подготовка к лабораторным работам, оформление отчета, подготовка к защите лабораторных работ №1-№7.	ПУМД: [мет. ук. для студ. по осв. дисц., 2], с. 4-15, с. 20-24, с. 25-35, с. 49-52; ПУМД: [мет. ук. для студ. по осв. дисц., 4], с. 4-10.	3	18
Подготовка к зачету	ПУМД: [Осн. лит., 2], с. 4-15, с. 15-34; с. 34-57; с. 93-106; ПУМД: [мет. ук. для студ. по осв. дисц., 3], с. 52-71; с. 28-51.	3	17,75
Подготовка к практическим занятиям	ПУМД: [Осн. лит., 2], с. 4-15; ПУМД: [Осн. лит., 1], с. 8-28, с. 29-46; ПУМД: [мет. ук. для студ. по осв. дисц., 3], с. 28-51.	3	18

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-мestr	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитыва- -
------	----------	--------------	-----------------------------------	-----	------------	---------------------------	---------------

							ется в ПА
1	3	Проме- жуточная аттестация	Зачет	-	5	Критерии начисления баллов: 5 баллов - правильный ответ на два вопроса. 4 балла - правильный ответ на один вопрос, возможны две ошибки, либо неполный ответ на один из вопросов. 3 балла - возможны более двух ошибок либо неполные ответы на все вопросы. 2 балла - отсутствует ответ на один вопрос, на другой вопрос ответ верный. 1 балл - отсутствует ответ на один вопрос, дан неполный ответ на другой вопрос. 0 баллов - отсутствуют ответы.	зачет
2	3	Текущий контроль	Отчёт по лабораторным работам №1-№4	0,2	5	Допускаются студенты, которые выполнили лабораторные работы, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторных работах и предоставили его к защите. Защита отчётов по лабораторным работам (по разделам 1-4) проводится на лабораторном занятии №5 (в письменной форме). Количество лабораторных работ 4. Критерии начисления баллов: 5 баллов - все отчеты сданы в срок (двухнедельный срок после выполнения лабораторной работы). 4 балла - не менее 75% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 3 балла - не менее 60% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 2 балла - не менее 40% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 1 балл - не менее 20% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 0 баллов - отчеты не сданы.	зачет
3	3	Текущий контроль	Тестирование "Итоговая контрольная работа"	0,2	5	Тестирование (по всем разделам) проводится на практическом занятии №8 (в письменной форме). Количество вопросов 20. Критерии начисления баллов: 5 баллов - получены правильные ответы на не менее 85% вопросов. 4 балла - получены правильные ответы на не менее 75% вопросов. 3 балла - получены правильные ответы на не менее 60% вопросов. 2 балла - получены правильные ответы на не менее 40% вопросов. 1 балл - получены правильные ответы на	зачет

						не менее 20% вопросов. 0 баллов - получены правильные ответы на менее 20% вопросов.	
4	3	Текущий контроль	Тестирование "Промежуточная контрольная работа"	0,2	5	Тестирование (по разделам 1, 2) проводится на практическом занятии №5 (в письменной форме). Количество вопросов 10. Критерии начисления баллов: 5 баллов - получены правильные ответы на не менее 85% вопросов. 4 балла - получены правильные ответы на не менее 75% вопросов. 3 балла - получены правильные ответы на не менее 60% вопросов. 2 балла - получены правильные ответы на не менее 40% вопросов. 1 балл - получены правильные ответы на не менее 20% вопросов. 0 баллов - получены правильные ответы на менее 20% вопросов.	зачет
5	3	Текущий контроль	Итоговый отчёт по лабораторным работам	0,4	5	Допускаются студенты, которые выполнили лабораторные работы, оформили в соответствии с требованиями отчет о лабораторных работах и предоставили его к защите. Защита отчётов по лабораторным работам (по всем разделам) проводится на лабораторном занятии №8 (в письменной форме). Количество лабораторных работ 7. Критерии начисления баллов: 5 баллов - все отчеты сданы в срок (двухнедельный срок после выполнения лабораторной работы). 4 балла - не менее 75% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 3 балла - не менее 60% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 2 балла - не менее 40% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 1 балл - не менее 20% отчетов по лабораторным работам сданы в срок. 0 баллов - отчеты не сданы.	зачет

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
зачет	При оценивании результатов учебной деятельности обучающегося по дисциплине используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

	деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора № 179 от 24.05.2019 г. (в редакции приказов от 10.03.2022 № 25-13/09, от 02.09.2024 № 158-13/09)). Рейтинг обучающегося по дисциплине определяется только по результатам текущего контроля. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации (зачет) для улучшения своего итогового рейтинга по дисциплине. Зачет выставляется при рейтинге студента 60 и более %, 0-59% не зачет.	
--	---	--

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ				
		1	2	3	4	5
ОПК-12	Знает: Основные физические свойства жидкостей и газов, законы их кинематики, статики и динамики, силы, действующие в жидкостях, гидромеханические процессы, гидравлическое оборудование;	++	++	++	++	++
ОПК-12	Умеет: Использовать для решения типовых задач законы гидравлики, проектировать гидравлические системы; Использовать математические модели гидравлических явлений и процессов, проводить гидромеханические эксперименты в лабораторных условиях;	+		++	++	++
ОПК-12	Имеет практический опыт: Использования методов расчета жидких и газообразных потоков;	+			++	++
ОПК-13	Знает: Проблемы создания машин различных типов, в которых используются гидравлические системы;		+		++	++
ОПК-13	Умеет: Использовать для решения типовых задач законы гидравлики, проектировать гидравлические системы;				++	++
ОПК-13	Имеет практический опыт: Расчета и исследования характеристик гидросистем;				++	++

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Некрасов, Б. Б. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу Учеб. пособие для машиностроит. спец. вузов Под ред. Б. Б. Некрасова. - М.: Высшая школа, 1989. - 192 с. ил.
2. Башта, Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы Учеб. для втузов Т. М. Башта, С. С. Руднев, Б. Б. Некрасов и др. - 2-е изд., перераб. - М.: Машиностроение, 1982. - 423 с. ил.
3. Темнов, В. К. Сборник задач по технической гидроаэромеханике [Текст] В. К. Темнов ; Челяб. гос. техн. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы ; ЮУрГУ. - 4-е изд., доп. и перераб. - Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1997. - 80 с. ил.

б) дополнительная литература:

1. Емцев, Б. Т. Техническая гидромеханика Учеб. для вузов по спец. "Гидравл. машины и средства автоматики" Б. Т. Емцев. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1987. - 440 с. ил.

2. Попов, Д. Н. Гидромеханика Учеб. для вузов по специальности "Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника" Д. Н. Попов, С. С. Панайотти, М. В. Рябинин. - 2-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. - 382,[1] с.

3. Фабер, Т. Е. Гидроаэродинамика Т. Е. Фабер; Пер. с англ. В. В. Коляды; Под ред. А. А. Павельева. - М.: Постмаркет, 2001. - 559 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. Гидравлика и пневматика / ООО «Издательство ГиП». – Информ. – техн. журнал. – СПб, 2005.

2. Известия РАН. Механика жидкости и газа, науч. журн. РАН, Отд-ние энергетики, машиностроения, механики и процессов управления, Учреждение РАН Ин-т проблем механики РАН им. А.Ю. Ишлинского. – М., Наука, 1966–2012, № 1–6

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Спиридонов, Е. К. Введение в динамику жидкости [Текст] учеб. пособие по выполнению лаб. работ для направления и специальности "Машиностроение" Е. К. Спиридонов, А. Р. Исмагилов, Д. Ф. Хабарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2018. - 64, [1] с. ил. электрон. версия

2. Бровченко П.Н., Прохасько Л.С. Руководство к лабораторным работам на ком-плексе "Капелька". – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ. – 42 с.

3. Нитусов, В. В. Гидрогазодинамика. Сборник задач [Текст] учеб. пособие по курсам "Гидрогазодинамика" , "Механика жидкости и газа" В. В. Нитусов, В. Г. Грибин ; Моск. энерг. ин-т (техн. ун-т). - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 78, [1] с. ил.

4. Спиридонов, Е.К. Структурно-логические схемы и рабочая программа курса «Механика жидкости и газа»: учеб.-метод. комплекс / Е.К. Спиридонов, Е.А. Гришина – Челябинск: Издательство ЮУрГУ. – 2007. – 22 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Спиридонов, Е. К. Введение в динамику жидкости [Текст] учеб. пособие по выполнению лаб. работ для направления и специальности "Машиностроение" Е. К. Спиридонов, А. Р. Исмагилов, Д. Ф. Хабарова ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2018. - 64, [1] с. ил. электрон. версия

2. Нитусов, В. В. Гидрогазодинамика. Сборник задач [Текст] учеб. пособие по курсам "Гидрогазодинамика" , "Механика жидкости и газа" В. В. Нитусов, В. Г. Грибин ; Моск. энерг. ин-т (техн. ун-т). - М.: Издательский дом МЭИ, 2007. - 78, [1] с. ил.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Office(бессрочно)
2. PTC-MathCAD(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. EBSCO Information Services-EBSCOhost Research Databases(28.02.2017)
2. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	433 (2)	Стенд учебный универсальный "Воздуходувки и основы механики газов"
Лабораторные занятия	109 (3г)	Стенд учебный "Динамические насосы и основы механики жидкости". Учебно-исследовательский комплекс «Экспериментальная механика жидкости». Портативный учебно-лабораторный комплекс «Капелька».
Лекции	314 (2)	Мультимедийное оборудование, проектор. Комплект электронных плакатов "Газовая динамика воздушных потоков"
Практические занятия и семинары	314 (2)	Комплект электронных плакатов "Газовая динамика воздушных потоков"