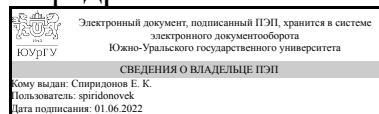


УТВЕРЖДАЮ:  
Заведующий выпускающей  
кафедрой



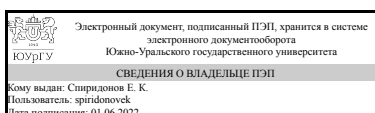
Е. К. Спиридонов

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины** 1.Ф.М2.07.02 Волновые процессы в гидропневмосистемах  
**для направления** 15.04.02 Технологические машины и оборудование  
**уровень** Магистратура  
**магистерская программа** Автоматизированные гидравлические и пневматические системы и агрегаты  
**форма обучения** очная  
**кафедра-разработчик** Гидравлика и гидропневмосистемы

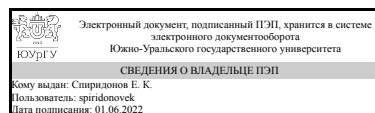
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1026

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



Е. К. Спиридонов

Разработчик программы,  
д.техн.н., проф., заведующий  
кафедрой



Е. К. Спиридонов

## 1. Цели и задачи дисциплины

Задача изучения дисциплины "Многомерные течения и нестационарные эффекты в гидропневмосистемах" состоит в формировании глубоких знаний о законах пространственного движения жидкости и газа, силового взаимодействия между жидкостью (газом) и обтекаемыми телами, и волновых явлениях в гидропневмосистемах с целью выработки представлений и навыков, необходимых для усвоения других профилирующих предметов по направлению 151000.62 и решения прикладных задач, возникающих при разработке и эксплуатации гидравлического и пневматического оборудования.

## Краткое содержание дисциплины

Предметом изучения дисциплины являются пространственные течения и нестационарные (волновые) процессы в гидропневмосистемах. Рассматриваются особенности распространения возмущений (волн давления) в сплошной среде, образование слабых и сильных возмущений. Рассчитываются и анализируются гидравлический удар в трубах с жидкостью и скачки уплотнения в газовых потоках. Записываются кинематические характеристики потока, выводятся и анализируются дифференциальные уравнения движения идеальной и вязкой жидкости и их некоторые интегралы. Рассматриваются потенциальные течения жидкости и методы их изучения. Исследуется обтекание тел жидкостью и силовое взаимодействие потока жидкости с твердым телом. Доказывается теорема Жуковского о подъемной силе, анализируется ламинарный и турбулентный пограничный слой, рассматриваются силы сопротивления.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ПК-4 Способен проектировать гидравлические и пневматические системы, машины, гидроаппараты, узлы, гидроагрегатов, гидравлической и пневматической аппаратуры, не имеющих ранее разработанных технических решений	Знает: теоретические основы описания волновых процессов Умеет: составлять и решать уравнения, описывающие волновые процессы Имеет практический опыт: решения задач расчета волновых процессов в гидропневмосистемах

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
Гидравлические и пневматические мехатронные системы, Специальные гидроприводы, Производственная практика, научно-исследовательская работа (3 семестр)	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Специальные гидроприводы	<p>Знает: основные уравнения гидродинамики и механики, описывающие работу гидроприводов летательных аппаратов и станков, основные конструкции гидроприводов станков, основные уравнения гидродинамики и механики, описывающие работу гидроприводов летательных аппаратов и станков</p> <p>Умеет: рассчитывать собственные частоты систем, получать передаточную функцию динамической жесткости, рассчитывать основные параметры гидравлических приводов станков, рассчитывать разрабатывать и рассчитывать кинематику гидромеханических приводов известных и новых конструкций</p> <p>Имеет практический опыт: анализа конструкции и режимов гидромеханических приводов, с целью предотвращения флаттера, разработки и анализа принципиальных гидравлических схемы станков, конструирования гидромеханических приводов летательных аппаратов</p>
Гидравлические и пневматические мехатронные системы	<p>Знает: основные расчетные зависимости, описывающие работу гидроприводов с пропорциональным регулированием параметров, основные расчетные зависимости, описывающие работу гидроприводов, работающих со взаимосвязанными законами движений и изменениями усилий исполнительных механизмов, работающих по адаптивным алгоритмам</p> <p>Умеет: разрабатывать новые технические решения в процессе проектирования гидроприводов с пропорциональным регулированием параметров, выполнять расчетно-графические проекты гидроприводов, работающих со взаимосвязанными законами движений и изменениями усилий исполнительных механизмов, работающих по адаптивным алгоритмам</p> <p>Имеет практический опыт: конструирования пропорциональных гидравлических актуаторов, проектирования гидроприводов, работающих со взаимосвязанными законами движений и изменениями усилий исполнительных механизмов, работающих по адаптивным алгоритмам</p>
Производственная практика, научно-исследовательская работа (3 семестр)	<p>Знает: методику проведения экспериментальных исследований</p> <p>Умеет: составлять программу экспериментальных исследований</p> <p>Имеет практический опыт: обработки экспериментальных данных, анализа полученных результатов</p>

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 83,5 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		4	
Общая трудоёмкость дисциплины	144	144	
<i>Аудиторные занятия:</i>	72	72	
Лекции (Л)	24	24	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	48	48	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	60,5	60,5	
Выполнение курсовой работы	20,5	20,5	
Подготовка к практическим занятиям	14	14	
Тестирование	6	6	
Подготовка к контрольной работе	10	10	
Подготовка к экзамену	10	10	
Консультации и промежуточная аттестация	11,5	11,5	
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	экзамен, КР	

#### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Волновые процессы в гидродневмосистемах	16	6	10	0
2	Основные характеристики и уравнения пространственного движения жидкой среды	24	6	18	0
3	Плоское движение идеальной жидкости	16	6	10	0
4	Обтекание тел жидкостью. Силовое взаимодействие потока жидкости с твердым телом	16	6	10	0

##### 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1-2	1	Волновые процессы в гидродневмосистемах. 1. Распространение возмущений в сплошной среде. Слабое и сильное возмущение. 2. Гидравлический удар в трубах. 2.1. Физическая картина явления. 2.2. Формула Жуковского и её анализ.	4
3	1	3. Теория прямого скачка уплотнения. Адиабата Гюгонио (ударная адиабата). 4. Обтекание сверхзвуковым потоком клинообразных тел. Косые скачки уплотнения. Отсоединенный скачок.	2
4	2	Основные характеристики и уравнения пространственного движения жидкой среды. 1. Кинематические характеристики потока. Поля линейной и угловой	2

		скоростей, ускорения, скоростей линейной и угловой деформации.	
5	2	2. Теорема Стокса о связи циркуляции скорости с интенсивностью вихревого поля. 3. Дифференциальные уравнения движения идеальной и вязкой жидкости и их некоторые интегралы (Эйлера, Бернулли)	2
6	2	4. Моделирование потоков жидкости и газа. Безразмерная форма уравнений Навье-Стокса. Условия и критерии гидромеханического подобия.	2
7-8	3	Плоское движение идеальной жидкости. 1. Интегральные характеристики идеальных потоков: потенциал скорости, функция тока, комплексный потенциал. 2. Гидродинамическая сетка движения. 3. Простейшие потенциальные течения.	4
9	3	4. Методы изучения потенциальных течений. Спиральная камера. 5. Одиночный вихрь в потенциальном потоке.	2
10-11	4	Обтекание тел жидкостью. Силовое взаимодействие потока жидкости с твердым телом. 1. Обтекание идеальной жидкостью. Циркуляционное и бесциркуляционное обтекание цилиндра. Теорема Жуковского о подъемной силе. 2. Обтекание тел вязкой жидкостью. Силы сопротивления: классификация, расчетные формулы.	4
12	4	3. Пограничный слой: особенности течения и уравнения. Анализ ламинарного и турбулентного пограничных слоев на пластине. 4. Отрыв пограничного слоя и сопротивления при отрывном обтекании. 5. Управление пограничным слоем. Пути снижения сил сопротивления.	2

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Расчет и анализ интегральных характеристик потока в живом сечении.	2
2-3	1	Практическое применение уравнений квазиодномерного стационарного движения жидкости. Скорость распространения возмущений в сплошной среде. Явление запираания канала.	4
4-5	1	Гидравлический удар в трубопроводе с капельной жидкостью. Прямые и косые скачки уплотнения в газовых потоках. Расчет сопел и газопроводов.	4
6	2	Кинематический анализ пространственных течений.	2
7-8	2	Расчет и исследование пространственных течений вязкой жидкости.	4
9-10	2	Расчет поля скорости и поля давления для заданного граничными условиями течения жидкости интегрированием уравнений Навье-Стокса. Определение характеристик потока (расход, потери удельной механической энергии, силы давления и трения).	4
11-12	2	Гидродинамическая смазка.	4
13-14	2	Гидродинамическое подобие.	4
15	3	Расчет и анализ потенциальных течений	4
16	3	Расчет и анализ потенциальных течений	6
17-18	4	Обтекание тел жидкостью. Расчет сил сопротивления при ламинарном пограничном слое.	4
19-20	4	Расчет сил сопротивления при турбулентном пограничном слое.	6

## 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

## 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Выполнение курсовой работы	Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) Текст учебник для вузов по направлениям "Техн. науки", "Техника и технология" А. Д. Гиргидов ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. - 544 с. ил. (разделы 1-4)	4	20,5
Подготовка к практическим занятиям	Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) Текст учебник для вузов по направлениям "Техн. науки", "Техника и технология" А. Д. Гиргидов ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. - 544 с. ил. (разделы 1-4)	4	14
Тестирование	Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) Текст учебник для вузов по направлениям "Техн. науки", "Техника и технология" А. Д. Гиргидов ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. - 544 с. ил. (разделы 1-4)	4	6
Подготовка к контрольной работе	Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) Текст учебник для вузов по направлениям "Техн. науки", "Техника и технология" А. Д. Гиргидов ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. - 544 с. ил. (разделы 1-4)	4	10
Подготовка к экзамену	Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) Текст учебник для вузов по направлениям "Техн. науки", "Техника и технология" А. Д. Гиргидов ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. - 544 с. ил. (разделы 1-4)	4	10

## **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-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учитывается в ПА
1	4	Текущий контроль	Тестирование	0,25	100	Текущий контроль по разделам дисциплины. Тест содержит по пять вопросов, время выполнения 10 минут. Разрешено 2 попытки Отлично: 85-100 баллов Хорошо: 75-84 балла Удовлетворительно: 67-74 балла Неудовлетворительно: 0-66 баллов	экзамен
2	4	Текущий контроль	Защита отчета по лабораторным работам	0,25	15	Защита отчета по лабораторным работам осуществляется индивидуально. Студентом предоставляются оформленный отчет. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - работы выполнены и оформлены по СТО ЮУрГУ 04-2008 - выводы логичны и обоснованы - правильные ответы на поставленные вопросы Максимальное количество баллов – 15. Весовой коэффициент мероприятия – 1. Максимальный вклад в общую оценку за дисциплину по БРС составляет 10 баллов, или 50% за каждый комплекс лабораторных работ. Зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие больше или равно 60 %. Не зачтено: рейтинг обучающегося за мероприятие менее 60 %.	экзамен
3	4	Текущий контроль	курсовой проект	0,25	100	Защита курсового проекта осуществляется индивидуально. Студентом предоставляются оформленные пояснительная записка и чертежи. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и корректность выполненных чертежей. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - работы выполнены и оформлены по СТО	экзамен

						ЮУрГУ 04-2008, расчеты верные, чертежи выполнены по корректно. Максимальное количество баллов – 100. Весовой коэффициент -2	
4	4	Текущий контроль	Самопроверка обучающегося	0,25	20	Защита комплекса отчетов по практическим занятиям осуществляется индивидуально. Студентом предоставляются оформленные отчеты. Оценивается качество оформления, правильность выводов и ответы на вопросы. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - работы выполнены и оформлены по СТО ЮУрГУ 04-2008 - выводы логичны и обоснованы - правильные ответы на поставленные вопросы. Максимальное количество баллов за один отчет по практическому занятию - 4. Весовой коэффициент мероприятия – 1.	экзамен
5	4	Промежуточная аттестация	Экзамен	-	100	До экзамена допускаются студенты, защитившие курсовую работу и подготовившие отчеты по практическим занятиям. Экзамен проводится в форме письменного опроса. Студенту выдается билет с 3 вопросами из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку -45 минут При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальное количество баллов - 40. За первый и второй вопросы билета можно получить максимум по 10 баллов, за третий - 20 баллов. Отлично: Отлично: итоговый рейтинг обучающегося 85-100% Хорошо: Хорошо: итоговый рейтинг обучающегося 75-84% Удовлетворительно: Удовлетворительно: итоговый рейтинг обучающегося 60-74% Неудовлетворительно: Неудовлетворительно: итоговый рейтинг обучающегося 0-59%	экзамен

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания



Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	<p>До экзамена допускаются студенты, защитившие курсовую работу и подготовившие отчеты по практическим занятиям. Экзамен проводится в форме письменного опроса. Студенту выдается билет с 3 вопросами из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку -45 минут. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179). Максимальное количество баллов - 40. За первый и второй вопросы билета можно получить максимум по 10 баллов, за третий - 20 баллов. Оценка рассчитывается по рейтингу обучающегося по дисциплине <math>R_d</math> на основе рейтинга по текущему контролю <math>R_{тек}</math> по формуле: <math>R_d = R_{тек} + R_b</math>, где <math>R_{тек} = 0,25 KM1 + 0,25 KM2 + 0,25 KM3 + 0,25 KM4</math> рассчитывается на основе баллов, набранных обучающимся по результатам текущего контроля с учетом весового коэффициента, <math>R_b</math> – бонус. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации для улучшения своего рейтинга, который будет рассчитываться по формуле <math>R_d = 0,6 R_{тек} + 0,4 R_{па} + R_b</math>. Шкала перевода рейтинга в оценку: «Отлично» - <math>R_d = 85 \dots 100\%</math>; «Хорошо» - <math>R_d = 75 \dots 84\%</math>; «Удовлетворительно» - <math>R_d = 60 \dots 74\%</math>; «Неудовлетворительно» - <math>R_d = 0 \dots 59\%</math>.</p>	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

### 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ KM				
		1	2	3	4	5
ПК-4	Знает: теоретические основы описания волновых процессов	+		+	+	+
ПК-4	Умеет: составлять и решать уравнения, описывающие волновые процессы	+		+	+	+
ПК-4	Имеет практический опыт: решения задач расчета волновых процессов в гидродневмосистемах	+	+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Гиргидов, А. Д. Механика жидкости и газа (гидравлика) Текст учебник для вузов по направлениям "Техн. науки", "Техника и технология" А. Д. Гиргидов ; Санкт-Петербург. гос. политехн. ун-т. - 3-е изд., испр. и доп. - СПб.: Издательство Политехнического университета, 2007. - 544 с. ил.
2. Фабер, Т. Е. Гидроаэродинамика Т. Е. Фабер; Пер. с англ. В. В. Коляды; Под ред. А. А. Павельева. - М.: Постмаркет, 2001. - 559 с. ил.
3. Сборник задач по машиностроительной гидравлике Учеб. пособие для вузов Д. А. Бутаев, З. А. Калмыкова, Л. Г. Подвидз и др.; Под ред. И. И. Куколевского, Л. Г. Подвидза. - 5-е изд., стер. - М.: Издательство МГТУ, 2002. - 447 с. ил.

*б) дополнительная литература:*

1. Попов, Д. Н. Гидромеханика Текст учеб. пособие для вузов по направлению 151000 "Технол. машины и оборудование" Д. Н. Попов, С. С. Панайотти, М. В. Рябинин. - 3-е изд., испр. - М.: Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. - 317, [1] с. ил.
2. 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.
3. Задачник по гидравлике, гидромашинам и гидроприводу Текст учеб. пособие для машиностроит. специальностей вузов Б. Б. Некрасов и др.; под ред. Б. Б. Некрасова. - Минск: Высшая школа А
4. 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.

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

1. Периодические издания: Известия АН РФ. Серии: МЖиГ, Энергетика и транспорт; Известия ВУЗов. Серии: Машиностроение, Энергетика, Авиационная техника; Fluid mechanics; Hydraulic and pneumatic.

*г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Темнов, В.К. Решение типовых задач технической гидромеханики: учебное пособие / В.К. Темнов, М.Е. Гойдо, Е.К. Спиридонов. – Челябинск: Изд-во ЧГТУ, 1994. – 125 с.
2. 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:*

**Электронная учебно-методическая документация**

№	Вид литературы	Наименование ресурса в электронной форме	Библиографическое описание
1	Основная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Давыдова, М.А. Лекции по гидродинамике. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : Физматлит, 2011. — 216 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/5264">http://e.lanbook.com/book/5264</a> — Загл. с экрана.
2	Дополнительная литература	Электронно-библиотечная система издательства Лань	Шабловский, А.С. Выполнение домашних заданий и курсовых работ по дисциплине «Механика жидкости и газа»: учеб. пособие: В 2 ч. — Ч. 2: Гидродинамика. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 65 с. — Режим доступа: <a href="http://e.lanbook.com/book/58555">http://e.lanbook.com/book/58555</a> — Загл. с экрана.

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

Нет

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лекции	314 (2)	Мультимедийные средства обучения
Самостоятельная работа студента	310 (2)	Персональные компьютеры
Практические занятия и семинары	109 (3г)	Учебно-исследовательский комплекс ОМЖ-ГУ-10-4ЛР-01
Практические занятия и семинары	442а (2)	Плакаты, фолии, альбомы
Практические занятия и семинары	140а (3)	Учебный фильм "Гидравлический удар в трубопроводах" (шифр 11-12)