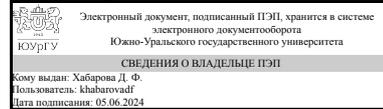


УТВЕРЖДАЮ:
Заведующий выпускающей
кафедрой



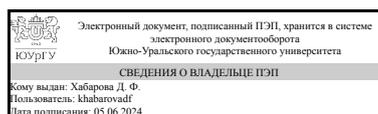
Д. Ф. Хабарова

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.Ф.М0.07.02 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

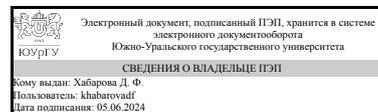
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1026

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н.



Д. Ф. Хабарова

Разработчик программы,
к.техн.н., доцент



Д. Ф. Хабарова

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 |
|---|---|
| Нет | Не предусмотрены |

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

Нет

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 ч., 58,5 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> | 48 | 48 | |
| Лекции (Л) | 24 | 24 | |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 24 | 24 | |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | 0 | |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i> | 85,5 | 85,5 | |
| Подготовка к контрольной работе | 10 | 10 | |
| Подготовка к практическим занятиям | 59,5 | 59,5 | |
| Подготовка к экзамену | 10 | 10 | |
| Тестирование | 6 | 6 | |
| Консультации и промежуточная аттестация | 10,5 | 10,5 | |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен) | - | экзамен | |

5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины | Объем аудиторных занятий по видам в часах | | | |
|-----------|---|---|---|----|----|
| | | Всего | Л | ПЗ | ЛР |
| 1 | Волновые процессы в гидродневмосистемах | 12 | 6 | 6 | 0 |
| 2 | Основные характеристики и уравнения пространственного движения жидкой среды | 16 | 6 | 10 | 0 |
| 3 | Плоское движение идеальной жидкости | 10 | 6 | 4 | 0 |
| 4 | Обтекание тел жидкостью. Силовое взаимодействие потока жидкости с твердым телом | 10 | 6 | 4 | 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 ллинейной и угловой скоростей, ускорения, скоростей линейной и угловой деформации. | 2 |

| | | | |
|-------|---|---|---|
| 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. Практическое применение уравнений квазиодномерного стационарного движения жидкости. Скорость распространения возмущений в сплошной среде. Явление запираания канала. | 4 |
| 2 | 1 | Гидравлический удар в трубопроводе с капельной жидкостью. Прямые и косые скачки уплотнения в газовых потоках. Расчет сопел и газопроводов. | 2 |
| 3 | 2 | Кинематический анализ пространственных течений. Расчет и исследование пространственных течений вязкой жидкости. | 4 |
| 4 | 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). | 2 |
| 5 | 2 | Гидродинамическая смазка. | 2 |
| 6 | 2 | Гидродинамическое подобие. | 2 |
| 7 | 3 | Расчет и анализ потенциальных течений | 4 |
| 8 | 4 | Обтекание тел жидкостью. Расчет сил сопротивления при ламинарном пограничном слое. | 2 |
| 9 | 4 | Расчет сил сопротивления при турбулентном пограничном слое. | 2 |

5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС | | | |
|----------------|--------------------------------|---------|------|
| Подвид СРС | Список литературы (с указанием | Семестр | Кол- |

| | разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс | | во часов |
|------------------------------------|--|---|----------|
| 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 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 | 59,5 |
| 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 |
| 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 |

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 | экзамен |

| | | | | | | | |
|---|---|--------------------------|--|------|-----|---|---------|
| | | | | | | Удовлетворительно: 67-74 балла Неудовлетворительно: 0-66 баллов | |
| 2 | 4 | Текущий контроль | Защита отчета по практическим занятиям | 0,25 | 15 | Защита отчета по практическим занятиям 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 – 0,25. 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 |
| 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 | экзамен |

| | | | | | | |
|--|--|--|--|--|---|--|
| | | | | | <p>билет с 3 вопросами из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку -45 минут</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>Максимальное количество баллов - 40.</p> <p>За первый и второй вопросы билета можно получить максимум по 10 баллов, за третий - 20 баллов.</p> <p>Отлично: Отлично: итоговый рейтинг обучающегося 85-100%</p> <p>Хорошо: Хорошо: итоговый рейтинг обучающегося 75-84%</p> <p>Удовлетворительно: Удовлетворительно: итоговый рейтинг обучающегося 60-74%</p> <p>Неудовлетворительно: Неудовлетворительно: итоговый рейтинг обучающегося 0-59%</p> | |
|--|--|--|--|--|---|--|

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения | Критерии оценивания |
|------------------------------|--|---|
| экзамен | <p>До экзамена допускаются студенты, 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</p> <p>При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179).</p> <p>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 Rd на основе рейтинга по текущему контролю Rтек по формуле: $Rd = R_{тек} + R_b$, где $R_{тек} = 0,25 KM1 + 0,25 KM2 + 0,25 KM3 + 0,25 KM4$</p> <p>рассчитывается на основе баллов, набранных обучающимся по результатам текущего контроля с учетом весового коэффициента, Rб – бонус. Студент вправе пройти контрольное мероприятие в рамках промежуточной аттестации для улучшения своего рейтинга, который будет рассчитываться по формуле $Rd = 0,6 R_{тек} + 0,4 R_{па} + R_b$</p> <p>Шкала перевода рейтинга в оценку: «Отлично» - Rd = 85...100%; «Хорошо» - Rd = 75...84%; «Удовлетворительно» - Rd = 60...74%; «Неудовлетворительно» - Rd = 0...59%.</p> | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения | № КМ | | | |
|-------------|---|------|---|----|---|
| | | 1 | 2 | 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 гидropневмосистемах | + | + | ++ | + |

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 гидropневмосистемы ; 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: http://e.lanbook.com/book/5264 — 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: http://e.lanbook.com/book/58555 — 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 |
| Практические занятия и семинары | 140а (3) | Учебный фильм "Гидравлический удар в трубопроводах" (шифр 11-12) |
| Практические занятия и семинары | 442а (2) | Плакаты, фолии, альбомы |
| Самостоятельная работа студента | 310 (2) | Персональные компьютеры |
| Практические занятия и семинары | 109 (3г) | Учебно-исследовательский комплекс ОМЖ-ГУ-10-4ЛР-01 |