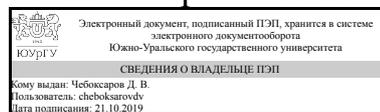


# ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан факультета  
Филиал г. Миасс  
Машиностроительный



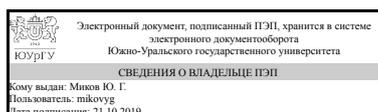
Д. В. Чебоксаров

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА к ОП ВО от 26.06.2019 №084-2120

дисциплины В.1.16 Гидродинамика нестационарных течений  
для направления 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
уровень бакалавр тип программы Бакалавриат  
профиль подготовки Гидравлические машины, гидроприводы и  
гидропневмоавтоматика  
форма обучения заочная  
кафедра-разработчик Технология производства машин

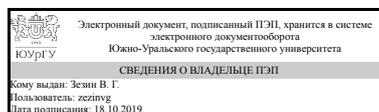
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, утверждённым приказом Минобрнауки от 20.10.2015 № 1170

Зав.кафедрой разработчика,  
к.техн.н., доц.



Ю. Г. Миков

Разработчик программы,  
к.техн.н., доц., доцент



В. Г. Зезин

## 1. Цели и задачи дисциплины

Приобретение будущими бакалаврами знаний об основных закономерностях нестационарного движения жидкости при гидродинамических расчетах и анализе работы гидрооборудования.

## Краткое содержание дисциплины

Основными задачами изучения дисциплины являются: приобретение навыков аналитического и расчетного исследования нестационарных течений жидкостей посредством физического и математического моделирования.

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

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУНы)
ПК-4 способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	Знать: Закономерности протекания волновых процессов в гидрелиниях технических систем при переходных режимах работы
	Уметь: Определять амплитуду и частоту пульсаций гидродинамических параметров рабочей жидкости при работе гидроаппаратуры и гидромашин
	Владеть: Методиками прогнозирования нестационарных гидродинамических характеристик течений рабочей жидкости в гидросистемах
ПК-2 умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	Знать: основные закономерности и уравнения нестационарного движения жидкости и газов, параметры областей течения, где существенно влияние неоднородности процессов; современное программное обеспечение, позволяющее проводить расчеты нестационарных и неоднородных течений жидкости и газа
	Уметь: применять математические модели нестационарного течения сжимаемых и несжимаемых жидкостей, а также справочную литературу для расчета и анализа нестационарных движений рабочей среды, реализующихся в процессе работы гидрооборудования и систем: математически сформулировать конкретную задачу гидрогазодинамических исследований в нестационарной постановке и выполнить ее решение путем физического или математического моделирования
	Владеть: современными методами и прикладными программами расчета нестационарных и неоднородных процессов в гидропневмосистемах

### 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
В.1.09 Механика жидкости и газа, В.1.12 Лопастные машины и гидродинамические передачи, В.1.13 Объемные гидромашины и гидропередачи, Б.1.06 Физика	Не предусмотрены

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

Дисциплина	Требования
Б.1.06 Физика	Основные законы сохранения Ньютоновской механики. Физические свойства жидкостей.
В.1.09 Механика жидкости и газа	Основные законы статики и динамики сжимаемой идеальной и вязкой жидкости
В.1.12 Лопастные машины и гидродинамические передачи	Конструкция и принцип работы лопастных машин
В.1.13 Объемные гидромашины и гидропередачи	Конструкция и принцип работы объемных машин

### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		10	
Общая трудоёмкость дисциплины	108	108	
<i>Аудиторные занятия:</i>	12	12	
Лекции (Л)	8	8	
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	4	4	
Лабораторные работы (ЛР)	0	0	
<i>Самостоятельная работа (СРС)</i>	96	96	
Подготовка к зачету	18	18	
Выполнение РГР	78	78	
Вид итогового контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	диф.зачет	

### 5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Физические свойства газонасыщенной жидкости, скорость	1	0,5	0,5	0

	распространения волн возмущения				
2	Дифференциальные уравнения нестационарного движения жидкости в трубопроводе.	2	2	0	0
3	Медленно изменяющиеся нестационарные течения. Уравнение Бернулли для нестационарного течения жидкости в трубопроводе	1	0,5	0,5	0
4	Описание типовых волн, взаимодействие волн с элементами гидросистемы, усиление, ослабление и отражение волн, стоячие волны	1,5	1	0,5	0
5	Гидравлический удар, прямой и непрямо́й гидроудар, методы борьбы с гидроударом, использование гидроудара в технических устройствах	2	1	1	0
6	Характеристики элементов гидросистем, стационарные и нестационарные модели элементов в задачах динамики	1,5	1	0,5	0
7	Анализ волновых процессов в гидросистемах методом характеристик	2	1	1	0
8	Общие сведения о численных методах решения многомерных нестационарных уравнений гидродинамики	1	1	0	0

## 5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	1	Физические свойства газонасыщенной жидкости, скорость распространения волн возмущения	0,5
1	2	Дифференциальные уравнения нестационарного движения жидкости в трубопроводе	1
2	2	Характеристики уравнений движения, соотношения на характеристиках; волновые уравнения	1
1	3	Медленно изменяющиеся нестационарные течения. Уравнение Бернулли для нестационарного идеального течения жидкости в трубопроводе	0,5
1	4	Описание типовых волн, взаимодействие волн с элементами гидросистемы, усиление, ослабление и отражение волн, стоячие волны	1
1	5	Гидравлический удар, прямой и непрямо́й гидроудар, методы борьбы с гидроударом, использование гидроудара в технических устройствах	1
1	6	Характеристики элементов гидросистем, стационарные и нестационарные модели элементов в задачах динамики	1
1	7	Анализ волновых процессов в гидросистемах методом характеристик	1
1	8	Общие сведения о численных методах решения многомерных уравнений гидрогазодинамики	1

## 5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Расчет скорости распространения волн в газонасыщенной жидкости при различных давлениях и температуре	0,5
1	3	Расчет переходных процессов в гидросистемах при допущении несжимаемости жидкости	0,5
1	4	Расчет распада разрыва гидродинамических параметров при прохождении	0,5

		волн через различные элементы гидросистемы	
1	5	Расчет изменения давления в гидросистеме при гидроударе	1
1	6	Построение динамических моделей элементов гидросистем	0,5
1	7	Численная реализация метода характеристик для расчета волновых процессов в гидросистемах	1

### 5.3. Лабораторные работы

Не предусмотрены

### 5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС		
Вид работы и содержание задания	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц)	Кол-во часов
Подготовка к зачету по теме: Физические свойства газонасыщенной жидкости, скорость распространения волн возмущения	[3], стр. 5...9	4
Подготовка к зачету по теме: Дифференциальные уравнения нестационарного движения жидкости в трубопроводе	[3], стр. 9...12	6
Подготовка к зачету по теме: Характеристики уравнений движения, соотношения на характеристиках; волновые уравнения	[3], стр. 12...18	6
Подготовка к зачету, выполнение РГР по теме: Медленно изменяющиеся нестационарные течения. Уравнение Бернулли для нестационарного идеального течения жидкости в трубопроводе	[3], стр. 18...26	16
Подготовка к зачету, выполнение РГР по теме: Описание типовых волн, взаимодействие волн с элементами гидросистемы, усиление, ослабление и отражение волн, стоячие волны	[3], стр. 26...35	18
Подготовка к зачету, выполнение РГР по теме: Гидравлический удар, прямой и непрямо́й гидроудар, методы борьбы с гидроударом, использование гидроудара в технических устройствах	[3], стр. 43...47	18
Подготовка к зачету. Выполнение РГР. Характеристики элементов гидросистем, стационарные и нестационарные модели элементов в задачах динамики	[3], стр. 47...58	12
Подготовка к зачету, выполнение РГР по теме: Анализ волновых процессов в гидросистемах методом характеристик	[3], стр. 58...61	14
Подготовка к зачету по теме: Общие сведения о численных методах решения многомерных уравнений	[2], стр. 296...303	2

гидрогазодинамики		
-------------------	--	--

## 6. Инновационные образовательные технологии, используемые в учебном процессе

Инновационные формы учебных занятий	Вид работы (Л, ПЗ, ЛР)	Краткое описание	Кол-во ауд. часов
мультимедийный проектор	Лекции	Иллюстрация законов распространения сильных возмущений в сжимаемой жидкости с использованием анимационных файлов; демонстрация использования среды VBA для расчета волновых процессов	3
интерактивная доска	Практические занятия и семинары	демонстрация составления программы расчета волновых процессов в идеальной сжимаемой жидкости в среде VBA MS Excel	2

## Собственные инновационные способы и методы, используемые в образовательном процессе

Не предусмотрены

Использование результатов научных исследований, проводимых университетом, в рамках данной дисциплины: нет

## 7. Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

### 7.1. Паспорт фонда оценочных средств

Наименование разделов дисциплины	Контролируемая компетенция ЗУНЫ	Вид контроля (включая текущий)	№№ заданий
Все разделы	ПК-4 способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	проверка РГР	1
Все разделы	ПК-2 умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов	зачет	

### 7.2. Виды контроля, процедуры проведения, критерии оценивания

Вид контроля	Процедуры проведения и оценивания	Критерии оценивания
проверка РГР	Задание на выполнение РГР выдается студентам в течение первой недели семестра. Задания находится на сервере факультета в личной папке преподавателя и доступны дистанционно	Зачтено: Если студент верно выполнил задание, включая составление системы уравнений и выполнение расчетов волнового процесса Не зачтено: Если студент неверно выполнил задание, включая составление системы уравнений и расчеты волнового процесса

зачет	Для подготовки к зачету студентам выдаются контрольные вопросы, которые располагаются на сервере факультета в личной папке преподавателя и доступны дистанционно	<p>Отлично: Студенту, который освоил все темы, вынесенные на зачет, РГР выполнена без ошибок, на вопросы преподавателя студент отвечает уверенно, аргументированно, свободно ориентируется в рассматриваемом вопросе.</p> <p>Хорошо: Студенту, который освоил все темы, вынесенные на зачет, РГР выполнена без существенных ошибок, на вопросы преподавателя студент отвечает уверенно, аргументированно, хорошо ориентируется в рассматриваемом вопросе.</p> <p>Удовлетворительно: Студенту, который освоил все темы, вынесенные на зачет, РГР выполнена не полностью, на вопросы преподавателя студент отвечает неуверенно, посредственно ориентируется в рассматриваемом вопросе.</p> <p>Неудовлетворительно: Студенту, который освоил не все темы, вынесенные на зачет, РГР не выполнена полностью, имеет существенные ошибки, в ответах на вопросы преподавателя студент испытывает серьезные затруднения, не ориентируется в рассматриваемом вопросе.</p>
-------	--	---

### 7.3. Типовые контрольные задания

Вид контроля	Типовые контрольные задания
проверка РГР	<p>Расчет изменения гидродинамических параметров волны возмущения при ее прохождении через стык трубопроводов</p> <p>Расчет изменения гидродинамических параметров волны возмущения при ее прохождении через распределитель</p> <p>Расчет взаимодействия волны возмущения с конечным объемом</p> <p>Расчет взаимодействия волны возмущения с жесткой стенкой</p> <p>Расчет изменения гидродинамических параметров волны возмущения при ее прохождении через стык дроссель</p> <p>Расчет распространения волн сжатия-расширения в жестком трубопроводе при гидравлическом ударе, вызванном срабатыванием отсечного клапана</p> <p>Задача1.docx</p>
зачет	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Скорость распространения волн сжатия и расширения жидкости в трубах. Скорость звука в газонасыщенной жидкости</li> <li>2. Уравнение Бернулли нестационарного движения жидкости в трубопроводе</li> <li>3. Дифференциальные уравнения нестационарного движения жидкости в трубопроводе</li> <li>4. Волновые уравнения для потока идеальной жидкости в длинных трубопроводах</li> <li>5. Волновые уравнения для потока реальной жидкости в длинных трубопроводах</li> <li>6. Конечно-разностная аппроксимация волновых уравнений для потока жидкости в длинных трубопроводах</li> <li>7. Медленно изменяющиеся течения. Общие свойства и уравнения движения</li> <li>8. Волновые процессы в гидросистеме. Описание гармонических волн (при работе осциллятора)</li> <li>9. Волновые процессы в гидросистеме. Описание ступенчатых волн (при мгновенном перемещении клапана)</li> <li>10. Отражение ступенчатой волны от упругого элемента гидросистемы</li> <li>11. Отражение гармонической волны от упругого элемента гидросистемы</li> <li>12. Отражение волн от бесконечно большого объема</li> <li>13. Отражение волн от жесткой стенки</li> <li>14. Прохождение ступенчатой волны через дроссель</li> </ol>

<p>15. Прохождение гармонической волны через дроссель</p> <p>16. Прохождение ступенчатой волны через стык трубопроводов различного диаметра.</p> <p>17. Прохождение гармонической волны через стык трубопроводов различного диаметра.</p> <p>18. Прохождение гармонической волны через дроссель. Стоячие волны. Свойства стоячей волны</p> <p>19. Гидравлический удар. Прямой и не прямой гидроудар. Формула Н.Е. Жуковского прямого гидроудара. Методы борьбы с гидравлическим ударом. Использование энергии гидроудара в технических устройствах.</p> <p>20. Характеристики источников питания. Большой резервуар.</p> <p>21. Характеристики источников питания. Насос.</p> <p>22. Характеристики источников питания. Аккумулятор давления.</p> <p>23. Характеристики гидродвигателей. Двухштоковый гидроцилиндр.</p> <p>24. Характеристики гидродвигателей. Одноштоковый гидроцилиндр.</p> <p>25. Характеристики гидродвигателей. Плунжерный гидроцилиндр.</p> <p>26. Характеристики гидродвигателей. Гидромотор.</p> <p>27. Характеристики регулирующей и распределительной аппаратуры. Клапан.</p> <p>28. Характеристики регулирующей и распределительной аппаратуры. Распределитель.</p> <p>29. Характеристики регулирующей и распределительной аппаратуры. Предохранительный клапан.</p> <p>30. Метод характеристик для расчета нестационарных волновых процессов в гидросистемах.</p> <p>31. Фазовые характеристики волн. Графоаналитический метод анализа волновых процессов в гидросистемах.</p> <p>32. Расчет нестационарных процессов в гидросистемах. Численное решение уравнений метода характеристик.</p>
--

## 8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Зезин, В.Г. Механика жидкости и газа: учебное пособие / В.Г. Зезин – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2016. – 250 с.
2. Попов Д.Н. Механика гидро- и пневмоприводов: Учеб. Для вузов. 2-е изд. стереотип. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 320 с.: ил.

#### б) дополнительная литература:

Не предусмотрена

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

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

1. Куколевский, И.И., Подвидз Л.Г. Сборник задач по машиностроительной гидравлике/ И.И. Куколевский, Л.Г. Подвидз. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2002. – 448 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

### Электронная учебно-методическая документация

№	Вид литературы	Наименование разработки	Наименование ресурса в электронной форме	Доступность (сеть Интернет /
---	----------------	-------------------------	--	------------------------------

				локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
1	Основная литература	Зезин, В.Г. Нестационарные процессы гидродинамики: учебное пособие	Учебно-методические материалы кафедры	ЛокальнаяСеть / Авторизованный

## 9. Информационные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса

Перечень используемого программного обеспечения:

Нет

Перечень используемых информационных справочных систем:

Нет

## 10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Практические занятия и семинары	304 (4)	Системный блок Intel Core i5-6400 Skylake OEM, Dimm DDR Crucial 8Gb, 500Gb Seagate Barracuda, Gigabite GA-H110M-S2 RTL, ASUS GT730-SL-2GD5-BRK RTL – 10 шт., Монитор LCD Samsung 24' FullHD LED – 10 шт Программное обеспечение: MS Windows, MS Office (Договор от 29.08.2017 №64 с АО «СофтЛайн Трейд»),
Лекции	309 (4)	Компьютер, проектор, проекционный экран Программное обеспечение: ОС Kubuntu 14.04 Пакет офисных программ LibreOffice 4.3.2
Практические занятия и семинары	203 (4)	интерактивная доска