

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:  
Декан  
  
Ю.Н. РЫЖИХ  
« 06 » \_\_\_\_\_ 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

**Гидродинамика**

по направлению подготовки

**15.03.06 Мехатроника и робототехника**

Направленность (профиль) подготовки :  
**Промышленная и специальная робототехника**

Форма обучения

**Очная**

Квалификация

**Бакалавр**

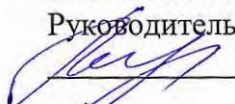
Год приема

**2022**

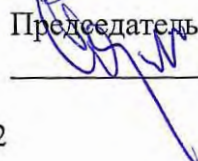
Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.06.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

  
Г.Р. Шрагер

Председатель УМК

  
В.А. Скрипняк

Томск – 2022

## **1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины**

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

- ОПК-1 – Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности;
- ПК-1 – Способность составлять математические модели мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных элементов и модулей, включая информационные, электромеханические, гидравлические, электрогидравлические, электронные устройства и средства вычислительной техники.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знать теорию и основные законы в области естественнонаучных и общинженерных дисциплин.

ИОПК 1.2 Уметь применять методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности.

ИОПК 1.3 Уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования в профессиональной деятельности.

ИПК 1.3 Владеть методами разработки математических моделей динамических объектов.

## **2. Задачи освоения дисциплины**

- изучить основные физические закономерности течений газов и жидкостей; аэрогидродинамические силы, моменты и тепловые потоки; основы аэрогидростатики; основы кинематики сплошной среды; основы динамики сплошной среды; основы теории подобия гидроаэродинамических явлений; понятие о методах определения и расчета гидроаэродинамических характеристик технических объектов.

- получить навыки использования физических основ и основных аналитических, численных и инженерных методов расчета, анализа и обобщения результатов теоретических, экспериментальных и натуральных исследований гидро- или аэродинамических характеристик различных объектов; сведения о зависимости гидроаэродинамических характеристик различных объектов от их формы и режимов обтекания жидкостью или газом при решении профессиональных задач.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Пятый семестр, зачет с оценкой

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: «Математический анализ»; «Физика»; «Теоретическая механика»; «Термодинамика».

## **6. Язык реализации**

Русский

## 7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 з.е., 144 часов, из которых:

-лекции: 28 ч.

-практические занятия: 30 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам

Тема 1. Общие сведения

Введение. История развития аэрогидромеханики. Некоторые сведения векторного анализа. Линия тока. Поток вектора скорости через поверхность. Дивергенция. Циркуляция. Вихрь. Теорема Стокса.

Тема 2. Кинематика жидкой среды.

Гипотеза сплошности среды. Переменные Лагранжа и Эйлера. Деформация жидкой частицы. Ускорение жидкой частицы. Теорема Кельвина. Кинематические характеристики безвихревого и вихревого движений. Уравнение неразрывности.

Тема 3. Основные уравнения динамики идеальной жидкости

Массовые и поверхностные силы. Уравнения движения идеальной жидкости. Общая постановка задач динамики идеальной жидкости. Случай несжимаемой жидкости. Случай сжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия. Некоторые сведения из классической термодинамики. Закон сохранения энергии в потоке идеальной жидкости.

Тема 4. Гидростатика

Уравнения равновесия. Равновесие в поле силы тяжести. Закон Архимеда. Устойчивость равновесия в поле силы тяжести.

Тема 5. Движение идеальной жидкости

Интеграл Коши-Лагранжа. Действие мгновенных сил. Плоское безвихревое движение. Комплексный потенциал и комплексная скорость. Источники и стоки. Поля течений, получаемые при специальном выборе комплексного потенциала. Обтекание угла. Бесциркуляционное и циркуляционное обтекание цилиндра. Вихревые движения идеальной жидкости. Теорема Томсона. Теорема Лагранжа. Теорема Гельмгольца. Уравнения Фридмана. Уравнения Гельмгольца. Образование вихрей. Теорема Бьеркнеса.

Тема 6. Движение вязкой жидкости

Понятие вязкой жидкости. Тензор скоростей деформаций. Тензор напряжений. Обобщенный закон Ньютона. Уравнения движения вязкой жидкости. Начальные и граничные условия. Диссипация энергии. Обобщение уравнения Гельмгольца. Закон подобия. Критерии подобия. Одномерное течение между параллельными плоскостями. Течение Пуазейля. Течения при малых числах Рейнольдса. Течение в каналах слабо изменяющейся формы. Теория смазки. Обтекание твердой сферы. Парадокс Уайтхеда. Приближение Озеена. Изменения картины обтекания тел при возрастании числа Рейнольдса. Гипотеза пограничного слоя. Уравнения пограничного слоя. Неньютоновские жидкости. Степенная жидкость. Вязкопластичная жидкость. Уравнения динамики неньютоновских сред.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет с оценкой выставляется по результатам устного собеседования и выполнения домашних заданий.

Контрольные вопросы:

1. Гипотеза сплошности среды.
2. Определение потока вектора скорости.
3. Определение циркуляции вектора скорости.
4. Теорема Кельвина.
5. Уравнение неразрывности.
6. Уравнения Эйлера.
7. Граничные условия на твердой стенке для идеальной жидкости.
8. Уравнения равновесия.
9. Интеграл Бернулли.
10. Определение безвихревого движения жидкости.
11. Потенциал скорости.
12. Интеграл Коши-Лагранжа.
13. Понятие вихревого движения жидкости.
14. Теорема Томсона.
15. Теорема Лагранжа.
16. Теорема Гельмгольца.
17. Понятие вязкой жидкости.
18. Тензор напряжений.
19. Обобщенный закон Ньютона.
20. Уравнение Навье-Стокса.
21. Граничные условия прилипания.
22. Граничные условия на свободной поверхности.
23. Закон подобия вязких течений.
24. Физическое содержание чисел Рейнольдса и Фруда.
25. Закон Пуазейля.
26. Приближение ползущего движения жидкости.
27. Формула Стокса для силы сопротивления шара.
28. Гипотеза Прандтля.

29. Пограничный слой.
30. Степенная жидкость.
31. Жидкость Шведова-Бингама.

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценки **«отлично»** заслуживает обучающийся, показывающий всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания.

Оценки **«хорошо»** заслуживает обучающийся, показывающий полное знание учебного материала, допустившим незначительные погрешности при выполняющий практические задания.

Оценки **«удовлетворительно»** заслуживает обучающийся, показавший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии; допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.

Оценка **«неудовлетворительно»** выставляется обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении практических заданий.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=24654>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Н.Е. Кочин, И.А. Кибель, Н.В. Розе. Теоретическая гидромеханика, т.1,2.
2. Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. Теоретическая физика. Т. 6 Гидродинамика. 2012. 736с.
3. Л.И. Седов. Механика сплошной среды.т.1,2 Издание 6. Изд-во Лань 2004. 1088с.
4. Л.Г. Лойцянский. Механика жидкости и газа.7-е изд. Дрофа 2003. 840с.
- 5.А.М. Липанов. Теоретическая гидромеханика ньютоновских сред. М.: Наука. 2011. 551с.

б) дополнительная литература:

1. Дж. Бэтчелор. Введение в динамику жидкости.М.:Мир,1974.
2. Дж. Хаппель, Г. Бреннер. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса.
3. Г. Ламб. Гидродинамика.

в) ресурсы сети Интернет

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет.  
<http://mzg.ipmnet.ru/ru/Issues.php> - журнал публикует: фундаментальные

исследования классических моделей идеальных и вязких несжимаемых жидкостей и совершенного газа; исследования, связанные с усложнением и совершенствованием этих моделей для описания специальных классов течений интересных с практической точки зрения (движение тел в воде с большими скоростями, турбулентные течения, течения химически реагирующих газовых смесей, многофазные течения, течения стратифицированных жидкостей, течения в пограничном слое, течения в условиях микрогравитации и т.д.); исследования по разработке новых моделей, позволяющих описывать течения жидкостей и газов в условиях, характерных для "стыка наук" (движения вязкоупругих сред, магнитогидродинамические течения, электрогидродинамические течения, биомеханические течения и т.д.); исследования в области устойчивости течений; исследование моделей турбулентности и ламинарно-турбулентного перехода и т.д.;

<http://www.iqlib.ru> - Интернет-библиотека образовательных изданий, в которой собраны электронные учебники, справочные и учебные пособия. Удобный поиск по ключевым словам, отдельным темам и отраслям знания.

### 13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –  
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –  
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### 14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам.

Аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации в смешенном формате («Актру»).

### 15. Информация о разработчиках

Шрагер Геннадий Рафаилович, д.ф.-м.н., профессор, физико – технический факультет ТГУ, зав. кафедрой.

