

Министерство науки и высшего образования
Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Донецкий государственный университет»

Физико-технический факультет
Кафедра физики неравновесных процессов, метрологии и экологии
им. И.Л. Повха

УТВЕРЖДАЮ
проректор

_____ П.А. Машаров
«17» апреля 2025 г.
МП

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВЫ ГИДРОАЭРОДИНАМИКИ

Укрупненная группа направлений подготовки	03.00.00 Физика и астрономия
Программа высшего образования	Программа бакалавриата
Направление подготовки	03.03.02 Физика
Профиль подготовки	Техническая физика беспилотных систем
Квалификация	Бакалавр
Форма обучения	Очная

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Донецк 2025

Рабочая программа дисциплины «**Основы гидроаэродинамики**» для обучающихся по направлению подготовки 03.03.02 Физика (Профиль: Техническая физика беспилотных систем), составлена на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 03.03.02 Физика, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 07.08.2020 № 891 (с изм. и доп.), Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 06 апреля 2021 г. № 245 (с изм. и доп.), в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДонГУ» для набора 2025 года.

Разработчик:

доцент кафедры физики неравновесных процессов
метрологии и экологии им. И.Л. Повха,
канд. физ.-мат. наук

Н.В. Фиошин

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры неравновесных процессов метрологии и экологии им. И.Л. Повха
Протокол от 03.04.2025 г. № 16.

Заведующий кафедрой

П.В. Асланов

СОГЛАСОВАНО:

И.о. декана физико-технического факультета
16.04.2025 г.

С. А. Фоменко

Учебно-методическая комиссия физико-технического факультета
Протокол от 16.04.2025 г. № 4.
Председатель

В.Н. Котенко

Руководитель основной образовательной программы, доц.,
канд. физ.-мат. наук, ст. научн. сотр.
03.04.2025 г.

П. В. Асланов

1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

1.1. Требования к предварительной подготовке обучающихся, предшествующие и сопутствующие дисциплины, на которых основывается изучение данной:

дисциплины программы бакалавриата: Математический анализ, Аналитическая геометрия, Линейная алгебра, Теория вероятности и математическая статистика, Механика, Молекулярная физика, Электричество и магнетизм, Информатика, Информационные технологии и программирование, Дифференциальные уравнения. Интегральные уравнения и вариационное исчисление.

1.2. Дисциплины, курсовые работы и практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее:

дисциплины программы бакалавриата: Система связи беспилотных аппаратов, Система стабилизации и управления полетом БПЛА, Беспилотные транспортные процессы и системы, Производственная практика: научно-исследовательская работа, Производственная практика: преддипломная практика, Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы.

2. ОПИСАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

2.1. Общая характеристика

Наименование показателя	Значение показателя
Название образовательной программы	03.03.02 Физика (Профиль: Техническая физика беспилотных систем)
Шифр и название в соответствии с учебным планом	Б1.Б.М6 Основы гидроаэродинамики
Часть образовательной программы	Базовая (обязательная) часть
Количество зачетных единиц / всего часов	6 / 216

В случае предъявления от обучающегося или его родителя (законного представителя) заявления на обучение по адаптированной образовательной программе высшего образования, подкрепленного заключением психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК) или медико-социальной экспертизы (МСЭ) с рекомендациями создания индивидуальной программы реабилитации и абилитации (ИПРА), данная рабочая программа может быть адаптирована с учетом индивидуальных особенностей здоровья обучающегося.

2.2. Распределение часов по формам и периодам обучения

Форма обучения	курс	семестр	Общее количество часов					Форма контроля
			лекционных	лабораторных	практических	самостоятельной работы + контроль	всего	
Очная	3	5	34		34	76	144	дифзачет
Очная	3	6	30		15	27	72	экзамен

3. ЦЕЛИ ДИСЦИПЛИНЫ

Формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков в области гидроаэродинамики, необходимых для дальнейшей профессиональной деятельности,

формирование способности находить творческие, нестандартные решения гидродинамических и аэродинамических задач, используя при этом современные компьютерные и информационные технологии.

4. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ КОМПОНЕНТА ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ, ИХ ИНДИКАТОРЫ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

4.1. Компетенции

УК-6. Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни

4.2. Индикаторы компетенций

УК-6.1. Использует способы управления своим временем при выполнении конкретных задач, проектов, при достижении поставленных целей.

УК-6.2. Оценивает требования рынка труда и предложения образовательных услуг для выстраивания траектории своего профессионального роста.

УК-6.3. Выбирает и реализует траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни.

УК-6.4. Строит профессиональную карьеру и определяет стратегию профессионального развития.

Компетенции	Индикаторы	Результаты обучения
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные	ОПК-1.1. Использует представления о физических состояниях жидкостей и газов при равновесном и подвижном состояниях, закономерностях равновесия и движения жидкостей для решения прикладных задач в области профессиональной деятельности	ОПК-1.1.1. Знает физические законы, определяющие движение сплошной среды. ОПК-1.1.2. Знает методику проведения физических экспериментов по измерению параметров гидродинамических течений. ОПК-1.1.3. Умеет определять возможность применения гидродинамического описания. ОПК-1.1.4. Умеет использовать основные принципы построения уравнений газовой динамики.
	ОПК-1.2. Демонстрирует знания основных физико-математических моделей и методов описания гидро- и аэродинамических течений, использует методы и методологию гидроаэродинамического расчета	ОПК-1.2.1. Знает основные физико-математические модели и методы описания гидро- и газодинамических течений. ОПК-1.2.2. Знает методы и методологию гидроаэродинамического расчета. ОПК-1.2.3. Умеет физически интерпретировать математический аппарат гидроаэродинамики. ОПК-1.2.4. Умеет использовать основные принципы построения уравнений газовой динамики и уравнений состояния.

5. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Название темы	Краткое содержание темы (вопросы темы)
Тема 1. Предмет и задачи гидроаэродинамики. Свойства жидкостей и газов	<p>1.1. Определение цели и задач ГГД, объекта и базы для ее изучения.</p> <p>1.2. Жидкости и газы как объекты изучения в ГГД.</p> <p>1.3. Отличительные свойства жидкостей и газов: текучесть, сжимаемость, вязкость.</p> <p>1.4. Гипотеза Ньютона о молекулярном трении в жидкости, вязкостное (касательное) напряжение, динамическая и кинематическая вязкость.</p> <p>1.5. Ньютоновские и неньютоновские жидкости</p>
Тема 2. Общие законы и уравнения гидростатики	<p>2.1. Силы, действующие в жидкости.</p> <p>2.2. Свойства гидростатического давления.</p> <p>2.3. Сила давления на плоские и криволинейные стенки.</p> <p>2.4. Дифференциальные уравнения Эйлера.</p>
Тема 3. Характеристики потока. Режимы течения	<p>3.1. Пространственно-временное поле скоростей, установившиеся и неустойчивые течения.</p> <p>3.2. Гидравлические характеристики потока.</p> <p>3.3. Уравнение неразрывности потока.</p> <p>3.4. Режимы течения.</p>
Тема 4. Основные уравнения динамики	<p>4.1. Закон сохранения массы и уравнение неразрывности (сплошности) в интегральной и дифференциальной формах.</p> <p>4.2. Частные случаи уравнения неразрывности для несжимаемой жидкости и для установившегося течения сжимаемой жидкости.</p> <p>4.3. Обобщенная гипотеза Ньютона о связи между напряжениями и скоростями деформаций (закон Стокса).</p> <p>4.4. Уравнения движения Навье-Стокса.</p>
Тема 5. Одномерные потоки жидкости	<p>5.1. Одномерная модель и приведение к ней плавно изменяющихся течений напорных и безнапорных потоков.</p> <p>5.2. Обобщение уравнения Бернулли для потока вязкой жидкости.</p> <p>5.3. Гидравлические сопротивления, их физическая природа и классификация.</p> <p>5.4. Сопротивления по длине для напорных и безнапорных потоков.</p> <p>5.5. Данные о гидравлическом коэффициенте трения. Зоны сопротивления. Наиболее употребительные формулы для гидравлического коэффициента трения.</p> <p>5.6. Местные гидравлические сопротивления, основная формула. Зависимость коэффициента местного сопротивления от числа Рейнольдса и геометрических параметров русла.</p> <p>5.7. Виды местных сопротивлений. Истечение жидкости и газа через отверстия и насадки.</p> <p>5.8. Гидроудар.</p>

Тема 6. Характерные масштабы турбулентности при наличии силы тяжести	6.1. Характерные масштабы турбулентности в стратифицированной среде. 6.2. Характеристики турбулентного пограничного слоя в стратифицированной среде
--	--

6. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 5

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Тема 1. Предмет и задачи гидрогазодинамики. Свойства жидкостей и газов	6		6	10	22
Тема 2. Общие законы и уравнения гидростатики	8		8	20	36
Тема 3. Характеристики потока. Режимы течения	10		10	20	40
Тема 4. Основные уравнения динамики	10		10	26	46
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР /курс	34		34	76	144

6.2. Форма обучения – очная, курс – 3, семестр – 6

Наименования разделов и тем	Количество часов				
	Лекц.	Лабор.	Практ.	СРС	Всего
Тема 5. Одномерные потоки жидкости	18		9	15	42
Тема 6. Характерные масштабы турбулентности при наличии силы тяжести	12		6	12	30
ИТОГО ЗА СЕМЕСТР /курс	30		15	27	72

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ (СРЕДСТВА) ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7.1. Контрольные вопросы

1. Силы, действующие в жидкости на вращающейся Земле.
2. Центробежное ускорение.
3. Ускорение Кориолиса.
4. Связь между метеорологическими производными.
5. Расчет производных методом конечных разностей.
6. Основные уравнения гидротермодинамики идеальной жидкости.
7. Основное уравнение движения атмосферы.
8. Основное уравнение движения в натуральных координатах.
9. Основное уравнение движения в стандартных координатах.
10. Основное уравнение движения в сферических координатах.
11. Уравнение свободной поверхности.
12. Понятие о волновых движениях в атмосфере.
13. Движение частиц жидкости в стоячих волнах бесконечной глубины.
14. Движение частиц жидкости в прогрессивной волне.
15. Особенности распространения волн конечной глубины.
16. Скорость волны бесконечной и конечной глубины.
17. Скорость волны на поверхности раздела двух жидкостей.
18. Скорость волн на поверхности жидкости.
19. Общий вид барометрической формулы.

20. Высота изобарической поверхности (формула Бабине, барическая ступень).
21. Наклон изобарической поверхности к горизонтальной.
22. Локальные изменения давления.
23. Локальные изменения геопотенциальных высот изобарических поверхностей.
24. Геопотенциал. Геопотенциальная высота.
25. Барометрическая формула геопотенциала.
26. Относительный геопотенциал.
27. Абсолютный геопотенциал.
28. Градиентный ветер.
29. Равновесие сил в циклоне и антициклоне.
30. Циклострофический ветер в циклоне.
31. Циклострофический ветер в антициклоне.
32. Геострофический ветер.
33. Изменение геострофического ветра с высотой.
34. Термический ветер.
35. Высота обращения ветра.
36. Геострофическая адвекция.
37. Агеострофическое движение.
38. Циркуляция.
39. Вихрь.

7.2. Темы письменных работ (типы задач)

Контрольные работы по практике темам:

- расчет расхода воздуха в горизонтальной трубе;
- расчет поля температуры в слоисто-стратифицированной среде.

Контрольная работа по проверке теоретических знаний – по всем темам, с использованием указанных выше контрольных вопросов.

7.3. Образец содержания экзаменационного билета (при наличии экзамена по дисциплине)

Экзаменационный билет по дисциплине включает в себя 2 теоретических вопроса и 3 тестовых задания.

Дайте развернутый ответ на следующие вопросы:

1. Плотность и сжимаемость движущейся среды.
2. Структура потока в трубах. Переход ламинарного движения в турбулентное.

Дайте ответы на тестовые задания:

1. Какие силы, действующие в жидкости, зависят от вращения Земли?
 - а) сила тяжести;
 - б) сила Кориолиса;
 - в) сила барического градиента;
 - г) сила трения.
2. От каких параметров не зависит ускорение Кориолиса?
 - а) Угловая скорость вращения Земли;
 - б) барический градиент;
 - в) широта места.
3. Скорость движения
 - а) Ж.Понселе;
 - б) Ф.Вёлер;
 - в) А.Гриффитс;
 - г) Р.Гук.

В случае ведения учебного процесса с использованием электронного обучения и дистанционных образовательных технологий, содержание билета может отличаться от приведенного.

8. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ

Общая оценка знаний обучающихся по дисциплине проводится по 100-балльной шкале исходя из максимума, приведенного в таблице ниже.

Организационно-учебная работа в аудитории оценивается на основе таких критериев как посещаемость занятий, своевременное и качественное выполнение домашних заданий, активность во время проведения лекционных и практических занятий (участие в обсуждении текущего и пройденного материала, решение задач и т.п.).

Самостоятельная работа оценивается на основе предоставленных на проверку выполненных домашних, индивидуальных заданий с учетом своевременности их предоставления и соответствия требованиям к их выполнению.

Количество баллов за контрольную работу вычисляется как сумма баллов за все входящие в её состав задания. Каждое задание оценивается исходя из максимально возможного количества баллов с учетом правильности выполнения задания, полноты приводимых обоснований.

По результатам работы в семестре обучающийся, набравший не менее 60 баллов, имеет право получить оценку. Те, кто претендует на более высокий балл, проходят промежуточную аттестацию. Максимальное количество баллов на промежуточной аттестации – 100. Общее количество баллов за семестр вычисляется как максимальная из полученных за семестр и на промежуточной аттестации и выставляется согласно принятому порядку.

8.1. Семестр 5 очная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	25
	Самостоятельная работа	15
	Контрольная работа по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		60
Дифзачет		40
Общий итог за семестр		100

8.2. Семестр 6 очная форма обучения

Номера разделов	Виды работ	Максимальное количество баллов
1-2	Организационно-учебная работа в аудитории	25
	Самостоятельная работа	15
	Контрольная работа по практике	10
	Контрольная работа по теоретическому материалу	10
ИТОГО		60
Экзамен		40
Общий итог за семестр		100

Соответствие баллов оценке

Количество баллов из 100	ECTS	Оценка по пятибалльной шкале	
		Экзамен, дифференцированный зачет	Зачет
90-100	A	отлично	зачтено
80-89	B	хорошо	зачтено
75-79	C		зачтено
70-74	D	удовлетворительно	зачтено
60-69	E		зачтено
35-59	FX	неудовлетворительно	не зачтено
0-34	F		не зачтено

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА

Учебные занятия по дисциплине «Основы гидроаэродинамики» проводятся в 4-м учебном корпусе (г. Донецк, пр. Театральный, д. 13) университета. Для проведения лекционных и практических занятий требуется аудитория, оборудованная меловой или маркерной доской, мультимедийный проектор и экран, ноутбук, комплект учебной мебели для студентов, рабочее место преподавателя, выход в Интернет – проводной или с использованием Wi-Fi.

Для самостоятельной работы используются текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета и других электронных библиотечных баз данных, учебно-методическое обеспечение, представленное в учебно-методическом кабинете 4-го учебного корпуса (ауд. 258), материально-техническую базу учебной лаборатории кафедры физики неравновесных процессов, метрологии и экологии им. И. Л. Повха.

Обучающиеся имеют возможность использовать учебные материалы по дисциплине «Основы гидроаэродинамики», размещенные на платформе Moodle Центра дистанционного образования ФГБОУ ВО «ДонГУ». При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение и дистанционные образовательные технологии.

С использованием ресурсов платформы дистанционного образования осуществляется текущий контроль знаний обучающихся на основе тестирования и проверки результатов самостоятельной работы.

10. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

10.1. Основная литература

1. Болонов, Н. И. Модели абиотических компонент экосистемы: учеб. пособие. Ч. 2: Статика атмосферы и океана / Н. И. Болонов, Т. Н. Фадеева; Донецкий нац. ун-т. - Донецк: ДонНУ, 2007. - 125 с.
2. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен : В 2 кн. Кн. 1 / Б. Гебхард, Й. Джалурия, Р. Л. Махаджан и др. ; пер. с англ.: С. Л. Вишневецкий и др. ; под ред. О. Г. Мартыненко. - М.: Мир, 1991. - 679 с.
3. Свободноконвективные течения, тепло- и массообмен : В 2 кн. Кн. 2 / Б. Гебхард, Й. Джалурия, Р. Л. Махаджан и др. ; пер. с англ.: В. Ф. Алымов и др. ; под ред. О. Г. Мартыненко. - М.: Мир, 1991. - 528 с.
4. Болонов, Н. И. Магнитная гидродинамика: Текст лекций. Ч. 1 / Донецкий гос. ун-т.; Н. И. Болонов. - Донецк, 1975. - 44 с.
5. Себиси, Т. Конвективный теплообмен: физ. основы и вычисл. методы / Т. Себиси, П. Брэдшоу; Пер. с англ. С. С. Ченцова, В. А. Хохрякова; Под ред. У. Г. Пирумова. - М.: Мир, 1987. - 590 с.
6. Лойцянский, Л. Г. Механика жидкости и газа: (Учеб. для вузов по специальности «Механика») / Л. Г. Лойцянский. - 4-е изд. - М.: Наука, 1973. - 847 с.

7. Повх, И. Л. Техническая гидромеханика: / И. Л. Повх. - 2-е изд. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1976. - 502 с.
8. Прандтль, Л. Гидроаэромеханика / Л. Прандтль. - 2-е изд. - М.: НИЦ «Регуляр. и хаотич. динамика»; Ижевск, 2000. - 576 с.

10.2. Дополнительная литература

1. Болонов Н. И. Методические указания к изучению спецкурса «Основы геофизической гидродинамики». – Донецк: ДонНУ. – 1991 г. – 72 с.
2. Бай Ши-и. Магнитная гидродинамика и динамика плазмы. – Москва: Мир. – 1964 г. – 304 с.
3. Монин А. С. Теоретические основы геофизической гидродинамики. – Л.: Гидрометеиздат. – 1988 г. – 424 с.
4. Бруцкий Е. В. Теория атмосферной диффузии радиоактивных выбросов. – Киев. – 2000 г. – 444 с.

11. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. **Российская государственная библиотека (ФГБУ РГБ).** – URL: <http://rsl.ru> – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
2. **eLIBRARY.RU:** научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000- . – URL: <https://elibrary.ru>. – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
3. **Российская национальная библиотека.** – URL: <http://nlr.ru> – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
4. **Библиотека академии наук.** – URL: <http://benran.ru> – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
5. **Библиотека по естественным наукам РАН.** – URL: <http://viniti.ru> – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
6. **Всероссийский институт научной и технической информации (ВИНИТИ).** – URL: <http://gpntb.ru> – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
7. **Электронный каталог** Научной библиотеки Донецкого государственного университета. – Донецк: НБ ДонГУ, – URL: <http://catalog.donnu.education>. – Режим доступа: поиск свободный, электронные документы – для пользователей ДонГУ.
8. **Электронно-библиотечная система ДонГУ:** сайт / ФГБОУ ВО «ДонГУ». – Донецк, 2016– URL: <http://library.donnu.ru/> – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
9. **Электронный архив ДонГУ:** раздел сайта / НБ ДонГУ. – Текст: электронный // ЭБС ДонГУ: сайт. – URL: <http://repo.donnu.ru/> – Режим доступа: свободный.
10. Научная электронная библиотека **«КиберЛенинка»:** сайт / Ассоциация «Открытая наука». – Москва, 2014 – URL: <https://cyberleninka.ru/>. – Режим доступа: свободный. – Текст: электронный.
11. **Электронно-библиотечная система «Лань»:** [сайт]. – URL: <https://e.lanbook.com> – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.
12. **ЭБС Юрайт:** электронная библиотечная система: сайт. – Москва, 2013. – URL: <https://biblio-online.ru> – Режим доступа: для авторизов. пользователей. – Текст: электронный.

12. ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Windows 7 PRO (корпоративная лицензия ДонГУ № 46484614)
2. Microsoft Office (корпоративная лицензия ДонГУ № 46472919)

3. Microsoft Visual Studio (лицензия программы Dream Spark для высших учебных заведений)

4. Антивирус Касперского, Adobe Acrobat Reader, xPDF (лицензии GPL, Apache, BSD для свободного программного обеспечения).