

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по образовательной деятельности КФУ  
\_\_\_\_ Турилова Е.А.  
"\_\_\_" 20\_\_\_ г.

## Программа дисциплины Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и): старший преподаватель, к.н. Анисимов В.Д. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), VadDAnisimov@kpfu.ru ; старший научный сотрудник, к.н. Камалутдинов А.М. (НИЛ Интеллектуальные биомиметические и природосообразные системы, Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского), AMKamalutdinov@kpfu.ru ; доцент, к.н. Кузнецов С.А. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), skuznets@kpfu.ru ; профессор, д.н. Нуриев А.Н. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), Artem.Nuriev@kpfu.ru ; старший преподаватель, б/с Фахрутдинов Л.Р. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), LRFahрутдинов@kpfu.ru

## **1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-3	Способен использовать методы физического моделирования и современное экспериментальное оборудование в профессиональной деятельности
ОПК-4	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- назначение и конструкцию аэродинамических труб малых скоростей;
- назначение и конструкцию приборов для проведения гидравлического и аэродинамического эксперимента;
- основные законы гидравлики;
- методики измерений основных физических характеристик процессов течения жидкости и газа;
- основные алгоритмы компьютерной обработки результатов экспериментальных измерений: поиска, сортировки, итерационные алгоритмы, наиболее распространенные математические модели и численные процедуры решения типовых задач механики и физики.

Должен уметь:

- проводить эксперимент в гидросистемах и аэротрубах;
- пользоваться соответствующими измерительными приборами;
- проводить наблюдения и выполнять замеры с максимально допустимой точностью;
- с помощью соответствующих приборов измерять основные физические характеристики жидкостей;
- при выполнении вычислительного эксперимента корректно ставить задачу, подбирать адекватную математическую модель изучаемого явления, сводить поставленную проблему к вычислительной задаче.

Должен владеть:

- основными современными представлениями и терминологией прикладной аэрогидромеханики;
- методиками измерения основных физических характеристик жидкостей;
- методиками измерения основных параметров процессов течения жидкости и газа;
- навыками сбора, обработки и анализа экспериментальных данных;
- навыками составления числовых алгоритмов и их реализации в виде компьютерных программ, визуализации и анализа результатов числовых расчетов.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО**

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.О.23 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.03.03 "Механика и математическое моделирование (Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики)" и относится к обязательной части ОПОП ВО.

Осваивается на 3, 4 курсах в 5, 6, 7 семестрах.

**3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 14 зачетных(ые) единиц(ы) на 504 часа(ов).

Контактная работа - 194 часа(ов), в том числе лекции - 0 часа(ов), практические занятия - 0 часа(ов), лабораторные работы - 194 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 310 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 5 семестре; зачет в 6 семестре; зачет с оценкой в 7 семестре.

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

N	Разделы дисциплины / модуля	Се- местр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)						Само- сто- тель- ная ра- бота
			Лекции, всего	Лекции в эл. форме	Практические занятия, всего	Практические в эл. форме	Лабора- торные работы, всего	Лабора- торные в эл. форме	
1.	Тема 1. Тема 1. Физические свойства жидкости. Приборы для измерения давления.	5	0	0	0	0	10	0	8
2.	Тема 2. Тема 2. Потери напора по длине. Местные потери напора.	5	0	0	0	0	14	0	10
3.	Тема 3. Тема 3. Диаграмма уравнения Бернулли. Режимы течения жидкости.	5	0	0	0	0	14	0	8
4.	Тема 4. Тема 4. Сила воздействия свободной незатопленной струи на преграду.	5	0	0	0	0	14	0	8
5.	Тема 5. Тема 5. Обтекание круглого цилиндра дозвуковым воздушным потоком. Обтекание крылового профиля дозвуковым воздушным потоком.	5	0	0	0	0	12	0	10
6.	Тема 6. Тема 6. Начальный и стабилизированный участок течения в трубе.	6	0	0	0	0	10	0	9
7.	Тема 7. Тема 7. Течение в диффузорах.	6	0	0	0	0	12	0	6
8.	Тема 8. Тема 8. Расчет площади и положения центра тяжести плоского тела	6	0	0	0	0	16	0	6
9.	Тема 9. Тема 9. Расчет напряженного состояния ферменной конструкции	6	0	0	0	0	16	0	6
10.	Тема 10. Тема 10. Моделирование движения твердого тела	6	0	0	0	0	20	0	7
11.	Тема 11. Тема 11. Расчет одномерной нестационарной задачи теплопроводности	7	0	0	0	0	18	0	77
12.	Тема 12. Тема 12. Расчет двумерной нестационарной задачи теплопроводности	7	0	0	0	0	20	0	80
13.	Тема 13. Тема 13. Расчет двумерной стационарной задачи теплопроводности	7	0	0	0	0	18	0	75
	Итого		0	0	0	0	194	0	310

#### **4.2 Содержание дисциплины (модуля)**

##### **Тема 1. Тема 1. Физические свойства жидкости. Приборы для измерения давления.**

Освоение техники измерения плотности, теплового расширения, вязкости и поверхностного натяжения жидкостей. Виды вискозиметров. Сталахометр. Изучение устройства и принципа действия жидкостных приборов для измерения давления. Приобретение навыков по измерению гидростатического давления жидкостными приборами.

##### **Тема 2. Тема 2. Потери напора по длине. Местные потери напора.**

Освоение экспериментального и расчетного способов определения потерь напора на трение по длине на примере течения воды в трубе. Определение опытным путем потерь напора на преодоление местных сопротивлений и сравнение их с рассчитанными по инженерным формулам на примере течения воды в трубах различной конфигурации.

##### **Тема 3. Тема 3. Диаграмма уравнения Бернулли. Режимы течения жидкости.**

Опытное подтверждение уравнения Бернулли (понижение механической энергии по направлению течения и перехода потенциальной энергии в кинетическую и обратно). Наблюдение потоков жидкости с различной структурой и выявление факторов, влияющих на структуру. Освоение расчетного метода определения режима течения.

##### **Тема 4. Тема 4. Сила воздействия свободной незатопленной струи на преграду.**

Опытная иллюстрация зависимости, определяющей силу, с которой свободная струя жидкости воздействует на твердую преграду. Метод измерения усилий. Калибровка прибора. Замер силы, возникающей при натекании струи на преграды плоской, выпуклой и вогнутой формы. Построение зависимости силы от скорости жидкости в струе.

##### **Тема 5. Тема 5. Обтекание круглого цилиндра дозвуковым воздушным потоком. Обтекание крылового профиля дозвуковым воздушным потоком.**

Экспериментальное определение давлений в точках поверхности цилиндра (крылового профиля), построение полярной диаграммы и сопоставление ее с аналогичной диаграммой, построенной по формулам теории потенциального (безвихревого) обтекания.

Определение критических точек, точки разветвления потока, точек максимальной скорости, точек отрыва пограничного слоя, области отрывного течения.

##### **Тема 6. Тема 6. Начальный и стабилизированный участок течения в трубе.**

Экспериментальное исследование структуры течения на начальном участке потока в трубе с измерением профилей скоростей в различных сечениях на участке трубы, достаточном для стабилизации потока. Анализ зависимости протяженности стабилизированной зоны от средней скорости потока. Анализ симметричности профиля скорости относительно центральной оси круговой трубы.

##### **Тема 7. Тема 7. Течение в диффузорах.**

Экспериментальное изучение внутренней структуры течения в диффузоре. Наблюдение отрыва пограничного слоя. Построение приближенной структуры линий тока с отражением зон повышенных скоростей и зон возвратных течений. Анализ изменения основных гидродинамических характеристик потока при увеличении скорости течения и угла раствора диффузора.

##### **Тема 8. Тема 8. Расчет площади и положения центра тяжести плоского тела**

Расчет площади и положения центра тяжести плоского тела. Формулы вычисления площади и положения центра тяжести плоского тела. Численные методы вычисления двумерных интегралов. Учет формы двумерной области при вычислении двумерного интеграла. Разработка вычислительного алгоритма и составление расчетной программы.

##### **Тема 9. Тема 9. Расчет напряженного состояния ферменной конструкции**

Система уравнений статики для расчета напряженного состояния ферменной конструкции. Сведение задачи к системе линейных алгебраических уравнений. Численные методы решения системы линейных алгебраических уравнений. Методика определения предельно допустимой нагрузки сведением к нелинейному алгебраическому уравнению. Методы половинного деления и Ньютона решения нелинейного алгебраического уравнения. Разработка вычислительного алгоритма и составление расчетной программы.

##### **Тема 10. Тема 10. Моделирование движения твердого тела**

Система дифференциальных уравнений движения твердого тела. Понижение порядка уравнений, сведение системы уравнений к виду, удобному для численного интегрирования.

Численные методы решения систем обыкновенных дифференциальных уравнений: метод Эйлера первого порядка, модифицированный метод Эйлера, метод Рунге -Кутта. Разработка вычислительного алгоритма и составление расчетной программы. Тестирование решения на предмет выполнения законов сохранения и сравнение с аналитическими решениями в частных случаях.

**Тема 11. Тема 11. Расчет одномерной нестационарной задачи теплопроводности**

Одномерные стационарное и нестационарное уравнения теплопроводности. Аналитическое решение стационарного уравнения теплопроводности. Разностная схема численного решения нестационарного уравнения теплопроводности - дифференциального уравнения в частных производных. Метод установления. Проверка условия устойчивости. Разработка вычислительного алгоритма и составление расчетной программы. Сравнение решений двумя методами.

**Тема 12. Тема 12. Расчет двумерной нестационарной задачи теплопроводности**

Численная разностная схема аппроксимации двумерного нестационарного уравнения теплопроводности - дифференциального уравнения в частных производных. Учет граничных условий. Методика решения методом установления. Проверка условия устойчивости.

Разработка вычислительного алгоритма и составление расчетной программы.

**Тема 13. Тема 13. Расчет двумерной стационарной задачи теплопроводности**

Сведение двумерной стационарной задачи теплопроводности к решению уравнения Лапласа. Простейшие частные решения уравнения Лапласа. Суперпозиция решений. Панельный метод решения уравнения Лапласа. Сведение задачи к решению системы линейных алгебраических уравнений. Вычисление коэффициентов матрицы системы путем численного вычисления интегралов вдоль линий. Вычисление особых интегралов. Разработка вычислительного алгоритма и составление расчетной программы. Сравнение с установленным решением нестационарной задачи теплопроводности.

**5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 6 апреля 2021 года №245)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

**6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)**

Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю) включает оценочные материалы, направленные на проверку освоения компетенций, в том числе знаний, умений и навыков. Фонд оценочных средств включает оценочные средства текущего контроля и оценочные средства промежуточной аттестации.

В фонде оценочных средств содержится следующая информация:

- соответствие компетенций планируемым результатам обучения по дисциплине (модулю);

- критерии оценивания сформированности компетенций;
- механизм формирования оценки по дисциплине (модулю);
- описание порядка применения и процедуры оценивания для каждого оценочного средства;
- критерии оценивания для каждого оценочного средства;
- содержание оценочных средств, включая требования, предъявляемые к действиям обучающихся, демонстрируемым результатам, задания различных типов.

Фонд оценочных средств по дисциплине находится в Приложении 1 к программе дисциплины (модулю).

## **7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;
- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Библиотека инженера-машиностроителя - [http://libtm.ucoz.ru/load/gidravlika\\_i\\_pnevmatika/1](http://libtm.ucoz.ru/load/gidravlika_i_pnevmatika/1)

Библиотека машиностроителя - <http://lib-bkm.ru>

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Вид работ	Методические рекомендации
лабораторные работы	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно прорабатывать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Основой для подготовки служит добросовестное выполнение домашнего задания. Для успешного решения задач первой части курса студентам рекомендуется вспомнить материал, освоенный в предыдущих семестрах в рамках базовых математических дисциплин.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспектов оказывается недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
зачет	Подготовку к зачету рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы к зачету и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.

Вид работ	Методические рекомендации
зачет с оценкой	Подготовку к зачету с оценкой рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы к зачету и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описаным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.

## **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

## **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

## **12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи:

  - продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;
  - продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
  - продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки "Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики".

*Приложение 2*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**Б1.О.23 Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент**

**Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

**Основная литература:**

1. Ухин Б. В. Гидравлика: Учебное пособие / Б.В. Ухин. - М.: ИД ФОРУМ: НИЦ Инфра-М, 2013. - 464 с. - (Высшее образование). ISBN 978-5-8199-0380-3 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/375072>
2. Замалеев, З.Х. Основы гидравлики и теплотехники : учебное пособие / З.Х. Замалеев, В.Н. Посохин, В.М. Чефанов. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 352 с. - ISBN 978-5-8114-1531-1. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/39146>

**Дополнительная литература:**

1. Гидравлика, гидрология, гидрометрия водотоков: Учебное пособие / В.Т. Парахневич. - М.: НИЦ ИНФРА-М; Мн.: Нов. знание, 2015. - 368 с. - (Высшее образование). ISBN 978-5-16-010308-2 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/483223>
2. Моргунов, К.П. Гидравлика : учебник / К.П. Моргунов. - Санкт-Петербург : Лань, 2014. - 288 с. - ISBN 978-5-8114-1735-3. - Текст : электронный // Электронно-библиотечная система 'Лань' : [сайт]. - URL: <https://e.lanbook.com/book/51930>

*Приложение 3*  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
**Б1.О.23 Физико-механический практикум и вычислительный эксперимент**

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Математическое и компьютерное моделирование в фундаментальных и прикладных задачах механики

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2025

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.