

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  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## **Программа дисциплины**

Основы аэрогидроупругости

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

## 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) профессор, д.н. (доцент) Бережной Д.В. (Кафедра теоретической механики, отделение механики), Dmitri.Berezhnoi@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
ПК-1	способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

основные понятия и модели аэрогидроупругости (треугольник аэроупругих сил, флаттер, баффтинг, деформации конструкций самолета под действием статических нагрузок, теорию моделирования, распределение температур внутри конструкции, нагрузки на больших сверхзвуковых скоростях, нагрузки, обусловленные атмосферной турбулентностью, проблемы конструкции и аэроупругости, возникающие при полете на большой скорости, ухудшение механических свойств материала при повышенной температуре). Студенты должны знать логические связи между ними.

Должен уметь:

адекватно подойти к проблеме моделирования данного физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках механики сплошной среды, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

Должен владеть:

методами теории аэрогидроупругости.

Должен демонстрировать способность и готовность:

Знать: основные понятия и модели аэрогидроупругости (треугольник аэроупругих сил, флаттер, баффтинг, деформации конструкций самолета под действием статических нагрузок, теорию моделирования, распределение температур внутри конструкции, нагрузки на больших сверхзвуковых скоростях, нагрузки, обусловленные атмосферной турбулентностью, проблемы конструкции и аэроупругости, возникающие при полете на большой скорости, ухудшение механических свойств материала при повышенной температуре). Студенты должны знать логические связи между ними.

Уметь: адекватно подойти к проблеме моделирования данного физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках механики сплошной среды, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

Владеть: методами теории аэрогидроупругости.

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

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ОД.7 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.03.03 "Прикладная механика (Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры)" и относится к обязательным дисциплинам.

Осваивается на 4 курсе в 8 семестре.

### 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

Контактная работа - 32 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 16 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 40 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 8 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	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение в аэроупругость.	8	2	2	0	4
2.	Тема 2. Деформации конструкций самолета под действием статических нагрузок.	8	2	2	0	4
3.	Тема 3. Деформации конструкций самолета под действием статических нагрузок.	8	2	2	0	4
4.	Тема 4. Флаттер.	8	2	2	0	4
5.	Тема 5. Динамическая реакция.	8	2	2	0	4
6.	Тема 6. Теория моделирования явлений аэрогидроупругости.	8	2	2	0	4
7.	Тема 7. Термические условия в окружающей среде.	8	0	2	0	4
8.	Тема 8. Распределение температур внутри конструкции.	8	2	0	0	4
9.	Тема 9. Нагрузки на больших сверхзвуковых скоростях.	8	0	2	0	4
10.	Тема 10. Проблемы конструкции и аэроупругости, возникающие при полете на большой скорости.	8	2	0	0	4
	Итого		16	16	0	40

**4.2 Содержание дисциплины (модуля)****Тема 1. Введение в аэроупругость.**

Понятия и явления аэроупругости. Треугольник аэроупругих сил. Флаттер. Баффтинг. Проблемы динамических нагрузок. Распределение нагрузки. Дивергенция. Эффективность рулей и реверс. Сравнение критических скоростей крыла.

**Тема 2. Деформации конструкций самолета под действием статических нагрузок.**

Упругие свойства конструкций. Деформация под действием нескольких сил. Коэффициенты влияния. Свойства коэффициентов влияния. Выражение энергии деформации через коэффициенты влияния. Деформации под действием распределенных сил. Функции влияния. Свойства функций влияния. Упрощенная схема упругого самолета. Деформации крыльев самолета. Интегрирование при помощи весовых матриц. Определение прогибов при помощи принципа минимума потенциальной энергии. Метод Рэлея-Ритца. Определение прогибов при помощи теоремы Кастильяно. Деформации изгиба и сдвига. Функция влияния и деформация кручения.

**Тема 3. Деформации конструкций самолета под действием статических нагрузок.**

Дифференциальные уравнения движения балки. Дифференциальное уравнение собственных колебаний тонкой балки. Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний тонкой балки. Интегральное уравнение колебаний тонкой балки. Интегральное уравнение собственных колебаний.

**Тема 4. Флаттер.**

Природа флаттера. Флаттер системы с одной степенью свободы. Формы аэроупругих колебаний.

**Тема 5. Динамическая реакция.**

Уравнения возмущенного движения упругого самолета. Системы с заданной зависимостью внешних сил от времени. Решения уравнений движения. Переходные напряжения в процессе посадки.

**Тема 6. Теория моделирования явлений аэрогидроупругости.**

Понятие о размерности. П-теорема. Уравнения движения. Законы подобия для колеблющейся модели.

**Тема 7. Термические условия в окружающей среде.**

Конвективный перенос тепла из пограничного слоя. Внешняя теплопередача с помощью излучения.

**Тема 8. Распределение температур внутри конструкции.**

Теплопередача внутри конструкции: теплопередача за счет теплопроводности. Теплопередача внутри конструкции: теплопередача излучением. Относительная важность форм внутренней теплопередачи.

**Тема 9. Нагрузки на больших сверхзвуковых скоростях.**

Нагрузки, обусловленные атмосферной турбулентностью. Одиночный порыв.

## **Тема 10. Проблемы конструкции и аэроупругости, возникающие при полете на большой скорости.**

Ухудшение механических свойств материала при повышенной температуре. Термические напряжения.

### **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 образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

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)

Электронная библиотека - <https://elibrary.ru>

Электронная библиотека - <http://apps.webofknowledge.com>

Электронная библиотека - <https://www.scopus.com/>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий вести конспектирование учебного материала. Обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации, положительный опыт в ораторском искусстве. Желательно оставить в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций.
практические занятия	В ходе практических занятий вести конспектирование практического материала. Обращать внимание на приемы, методы, анализ, получаемых результатов. Желательно оставить поля в конспектах по практическим занятиям, на которых делать необходимые пометки, дополняющие материал практического занятия. Задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения практических навыков, разрешения спорных ситуаций.
самостоятельная работа	В ходе самостоятельной работы изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, новыми публикациями в периодических изданиях: журналах, газетах и т.д. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования учебной программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем со-ответствующие записи из литературы, рекомендованной преподавателем и предусмотренной учебной программой. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью. Своевременное и качественное выполнение самостоятельной работы базируется на соблюдении настоящих рекомендаций и изучении рекомендованной литературы. Студент может дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы, и в дальнейшем использовать собственные подготовленные учебные материалы при написании курсовых и дипломных работ.
зачет	При подготовке к зачету рекомендуется повторить пройденный теоретический и практический материал по конспектам. Продумать примеры с целью обеспечения тесной связи изучаемой теории с реальной жизнью и профессиональными компетенциями. При необходимости обращаться за методической помощью к преподавателю. Студент может при подготовке к экзамену использовать дополнить список использованной литературы современными источниками, не представленными в списке рекомендованной литературы.

### 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.

## **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 15.03.03 "Прикладная механика" и профилю подготовки "Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры".

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

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

**Основная литература:**

Вычислительная аэродинамика в задачах строительства [Электронный ресурс] Учебное пособие./ А.М.

Белостоцкий, П.А. Акимов, И.Н. Афанасьева - М. : Издательство АСВ, 2017. -

<http://www.studentlibrary.ru/doc/ISBN9785432302175-SCN0000/000.html>

Теплообмен в многослойных конструкциях. Инженерные методы / А.А. Кудинов. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2015. - 304

с.: 60x90 1/16. - (Научная мысль) ISBN 978-5-16-103514-6 <http://znanium.com/bookread2.php?book=520047>

Семенов, В. П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Семенов. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 375 с. -

<http://znanium.com/bookread2.php?book=462982>

**Дополнительная литература:**

Андреев В.К. Математические модели механики сплошных сред - Лань, 2015. - 240 с.,

<https://e.lanbook.com/reader/book/67464/#1>

Учайкин В.В. Механика. Основы механики сплошных сред. Задачи с указаниями и ответами - Лань, 2018. - 320 с.,

<https://e.lanbook.com/reader/book/101845/#1>



Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ОД.7 Основы аэрогидроупругости

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

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2017

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.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.