

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 15.04.03 Прикладная механика**

**Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Гидроаэроупругость**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|  |                                                    |                            |
|--|----------------------------------------------------|----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                            |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                            |
|  | Владелец                                           | Бабин О.А.                 |
|  | Идентификатор                                      | Re55a0851-BabinOA-a86deff3 |

(подпись)

О.А. Бабин

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |                                                    |                              |
|--|----------------------------------------------------|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|  | Владелец                                           | Позняк Е.В.                  |
|  | Идентификатор                                      | Rd1b94958-PozniakYV-2647307e |

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

|  |                                                    |                                |
|--|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|  | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|  | Владелец                                           | Меркурьев И.В.                 |
|  | Идентификатор                                      | Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f |

(подпись)

И.В.  
Меркурьев

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат, вычислительные методы и компьютерные технологии

2. ОК-4 способностью использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического и компьютерного моделирования в теоретических и расчетно-экспериментальных исследованиях

3. ОК-9 способностью использовать фундаментальные законы природы, законы естественнонаучных дисциплин и механики в процессе профессиональной деятельности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Основы ГАУ (Проверочная работа)
2. Устойчивость упругих панелей в потоке газа (Проверочная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью (Коллоквиум)
2. Параметрические колебания панелей в потоке газа (Коллоквиум)

## БРС дисциплины

3 семестр

| Раздел дисциплины                               | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|-------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                 | Индекс<br>КМ:                   | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                 | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 11   | 15   |
| Основы ГАУ                                      |                                 |      |      |      |      |
| Основы ГАУ                                      |                                 | +    |      |      |      |
| Устойчивость упругих панелей в потоке газа      |                                 |      |      |      |      |
| Устойчивость упругих панелей в потоке газа      |                                 |      | +    |      |      |
| Параметрические колебания панелей в потоке газа |                                 |      |      |      |      |

|                                                   |    |    |    |    |
|---------------------------------------------------|----|----|----|----|
| Параметрические колебания панелей в потоке газа   |    |    | +  |    |
| Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью |    |    |    |    |
| Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                           | 10 | 20 | 40 | 30 |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### *I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций*

| Индекс компетенции | Индикатор         | Запланированные результаты обучения по дисциплине                                                                                                                                                                                                                            | Контрольная точка                                               |
|--------------------|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ПК-1               | ПК-1(Компетенция) | Знать:<br>□математическую постановку задачи об устойчивости упругих конструкций помещенных в поток газа или жидкости или содержащих протекающую жидкость<br>Уметь:<br>проводить расчет на устойчивость конструкций, находящихся в потоке газа или в жидкости или с жидкостью | Устойчивость упругих панелей в потоке газа (Проверочная работа) |
| ОК-4               | ОК-4(Компетенция) | Знать:<br>□особенности расчета конструкций, содержащих протекающую жидкость или находящихся в протекающей жидкости<br>Уметь:<br>определять и анализировать динамическую реакцию конструкций, содержащих                                                                      | Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью (Коллоквиум)  |

|      |                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                            |
|------|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      |                   | протекающую жидкость или находящихся в протекающей жидкости                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                            |
| ОК-9 | ОК-9(Компетенция) | <p>Знать:<br/>основные положения и методы теории гидроаэроупругости и их применение к расчету реальных конструкций</p> <p>Уметь:<br/>□ использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач гидроаэроупругости</p> | <p>Основы ГАУ (Проверочная работа)</p> <p>Параметрические колебания панелей в потоке газа (Коллоквиум)</p> |

## **II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания**

### **КМ-1. Основы ГАУ**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 10

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

**Краткое содержание задания:**

Письменный опрос ориентирован на проверку знаний основных терминов, определений

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                             |                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные положения и методы теории гидроаэроупругости и их применение к расчету реальных конструкций | 1.Предмет ГАУ<br>2.Что демонстрирует треугольник ГАУ<br>3.Какие силы в каких задачах ГАУ учитываются<br>4.Приведите примеры различных задач ГАУ |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### **КМ-2. Устойчивость упругих панелей в потоке газа**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Проверочная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

**Краткое содержание задания:**

Письменный опрос ориентирован на проверку знаний основных терминов, определений, постановки задач

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                      |                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: <input type="checkbox"/> математическую постановку задачи об устойчивости упругих конструкций помещенных в поток газа или жидкости или содержащих протекающую | 1.Постановка задачи вихревой теории тонкого профиля крыла<br>2.Определение дивергенции крыла |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|

|                                                                                                               |                                                                                                                 |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| жидкость                                                                                                      |                                                                                                                 |
| Уметь: проводить расчет на устойчивость конструкций, находящихся в потоке газа или в жидкости или с жидкостью | 1.Применение поршневой теории<br>2.Решение уравнений колебания крыла (Изгибные, крутильные, изгибно-крутильные) |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**КМ-3. Параметрические колебания панелей в потоке газа**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 90 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

**Краткое содержание задания:**

Коллоквиум №1 ориентирован на проверку знаний основных терминов, определений, постановки задач, методики решения задач по "Аэроупругости"

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: <input type="checkbox"/> использовать современные математические программные средства, в том числе компьютерной математики, для решения прикладных задач гидроаэроупругости | 1.Построение областей неустойчивости и стабилизации<br>2.Анализ влияния параметров системы, потока возбуждения на области неустойчивости и стабилизации |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или продемонстрировано знание практически всех разделов части "Аэроупругость"

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов отвечено правильно и продемонстрировано знание большинства разделов части "Аэроупругость"

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 30*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется , если продемонстрировано знание основных разделов части "Аэроупругость"

#### **КМ-4. Колебания упругих систем в жидкости и с жидкостью**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Проводится в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 90 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий

#### **Краткое содержание задания:**

Коллоквиум №2 ориентирован на проверку знаний основных терминов, определений, постановки задач, методики решения задач по "Гидроупругости"

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: <input type="checkbox"/> особенности расчета конструкций, содержащих протекающую жидкость или находящихся в протекающей жидкости    | 1.Постановка задачи колебания трубопровода с пульсирующим потоком жидкости<br>2.Определение стохастической устойчивости<br>3.Применение метода моментных функций для задач Гидроупругости                                                |
| Уметь: определять и анализировать динамическую реакцию конструкций, содержащих протекающую жидкость или находящихся в протекающей жидкости | 1.Запись уравнений колебания трубопровода с жидкостью. Учет различных сил воздействия<br>2.Учет случайного воздействия. Применение метода моментных функций.<br>3.Проведение анализа устойчивости трубопровода при случайном воздействии |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "отлично" выставляется, если задание выполнено в полном объеме или продемонстрировано знание части курса "Гидроупругость"

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "хорошо" выставляется, если большинство вопросов отвечено правильно и продемонстрировано знание части курса "Гидроупругость"

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 30*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "удовлетворительно" выставляется , если продемонстрировано знание основных положений части курса "Гидроупругость"

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Зачет с оценкой

### Пример билета

1. Постановка задачи определения критической скорости потока газа для упруго-закрепленного профиля крыла ( вопрос из разделов блока “Аэроупругость”)
2. Влияние скорости потока на устойчивость трубопровода с протекающей жидкостью (вопрос из раздела блока “Гидроупругость”)

### Процедура проведения

Проводится в период зачетного занятия. Продолжительность зачета составляет 60 минут. Работы выполняются индивидуально по билетам

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

#### **1. Компетенция/Индикатор: ПК-1(Компетенция)**

##### **Вопросы, задания**

1. Влияние параметров системы на устойчивость трубопровода при случайном воздействии. Сопоставление с результатами расчета при детерминистическом воздействии
2. Формулы для определения присоединенной массы жидкости частот собственных колебаний стержня в жидкости

##### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Определение дивергенции крыла
2. Определение флаттера
3. Влияние динамической, кинематической вязкости на устойчивость криволинейного трубопровода с жидкостью
4. Постановка задачи колебания трубопровода при случайных пульсациях расхода жидкости

#### **2. Компетенция/Индикатор: ОК-4(Компетенция)**

##### **Вопросы, задания**

1. Постановка задачи изгибно-крутильных колебаний крыла. Уравнения изгибных и крутильных колебаний крыла. Получение уравнений изгибно-крутильных колебаний крыла
2. Постановка задачи о собственных колебаниях стержня в жидкости. Граничные условия.

##### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Квазистационарный подход в ГАУ  
Ответы:  
Определение дивергенции крыла
2. Как можно стабилизировать неустойчивую систему в потоке газа
3. Этапы решения задач упругих колебаний конструкции в жидкости

4. Формулы для определения присоединенных масс и частот собственных колебаний стержня в жидкости

### **3. Компетенция/Индикатор: ОК-9(Компетенция)**

#### **Вопросы, задания**

1. Предмет ГАУ. Треугольник ГАУ. Классификация задач ГАУ. Примеры различных задач ГАУ
2. Понятие о вихревой дорожке Кармана

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1. Какие силы в каких задачах гидроаэроупругости учитываются
2. Теорема Жуковского о подъемной силе
3. Основные положения поршневой теории
4. Определение устойчивости по Ляпунову

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: получен полный ответ, продемонстрировано знание предмета*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания: получен ответ, имеющий неточности, погрешности*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: продемонстрированы знания базового уровня*

### **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и зачетной составляющих.