

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

**Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Динамика и прочность гидравлического оборудования**

**Москва  
2022**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

|                                                                                   |                                                    |                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                                |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                                |
|                                                                                   | Владелец                                           | Островский В.Л.                |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Read73644-OstrovskyVL-5c33e8f9 |

(подпись)

В.Л.

Островский

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

|                                                                                   |                                                    |                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                               |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                               |
|                                                                                   | Владелец                                           | Орахелашвили Б.М.             |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | Rd5ae6c88-OrakelashvBM-6133e8 |

(подпись)

Б.М.

Орахелашвили

(расшифровка подписи)

Заведующий  
выпускающей  
кафедры

(должность, ученая степень,  
ученое звание)

|                                                                                   |                                                    |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|                                                                                   | Владелец                                           | Волков А.В.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R369593e9-VolkovAV-775a725f |

(подпись)

А.В. Волков

(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-3 Способность использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности

ИД-1 Использует теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности повышенной эффективности

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Динамическая прочность элементов ГТ (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Проверка задания

1. Особенности расчета на прочность валов ГМ (Расчетно-графическая работа)

2. Прочностная надежность лопастных гидромашин (ГМ) (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

2 семестр

| Раздел дисциплины                                   | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |
|-----------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|
|                                                     | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 |
|                                                     | Срок КМ:                        | 5    | 10   | 16   |
| Обеспечение надежности гидравлического оборудования |                                 |      |      |      |
| Прочностная надежность лопастных гидромашин         |                                 | +    |      |      |
| Усталостная прочность лопастей гидротурбин          |                                 | +    |      |      |
| Динамическая прочность лопастей гидротурбин         |                                 | +    |      |      |
| Расчет лопатки направляющего аппарата               |                                 | +    |      |      |
| Расчет на прочность корпуса насоса                  |                                 | +    |      |      |
| Расчет валов гидромашин (ГМ)                        |                                 |      |      |      |
| Особенности расчета на прочность валов ГМ           |                                 |      | +    |      |

|                                                      |    |    |    |
|------------------------------------------------------|----|----|----|
| Колебания роторов гидромашин с распределенной массой |    | +  |    |
| Прочностная надежность гидроприводов (ГП)            |    |    |    |
| Показатели надежности ГП                             |    |    | +  |
| Прочностная надежность ГП                            |    |    | +  |
| Вес КМ:                                              | 30 | 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-3               | ИД-1ПК-3 Использует теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности повышенной эффективности | Знать:<br>основные методы расчета напряженно-деформированного состояния элементов гидромашин<br>основные понятия теории надежности конструкций<br>Уметь:<br>анализировать полученные результаты<br>использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах для выбора нужного метода решения задачи надежности<br>составлять расчетные схемы элементов гидромашин | Прочностная надежность лопастных гидромашин (ГМ) (Расчетно-графическая работа)<br>Особенности расчета на прочность валов ГМ (Расчетно-графическая работа)<br>Динамическая прочность элементов ГТ (Расчетно-графическая работа) |

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

### **КМ-1. Прочностная надежность лопастных гидромашин (ГМ)**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Основные понятия теории надежности. Классификация сил, действующих в лопастных гидромашинах (ЛГМ)

Предварительная оценка прочности лопасти гидротурбины (ГТ)

#### **Краткое содержание задания:**

Предварительная оценка прочности лопасти гидротурбины (ГТ) как консольной балки под действием сосредоточенных нагрузок

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные понятия теории надежности конструкций                                                                                         | 1. Назовите основные понятия теории надежности<br>2. Приближенный расчет лопасти ГТ вариационным методом с учетом реальных граничных условий.<br>3. Расчет лопатки направляющего аппарата<br>4. Что такое надежность по основным критериям<br>5. Что такое коэффициенты запаса прочности |
| Уметь: использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах для выбора нужного метода решения задачи надежности | 1. Особенности расчета корпуса насоса, подкрепленного меридиональными ребрами                                                                                                                                                                                                            |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Полные ответы на теоретические вопросы  
Правильно решена задача

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неполные ответы на теоретические вопросы  
Есть неточности в решении задачи

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 30*

*Описание характеристики выполнения знания:* Нечеткие и неполные ответы на теоретические вопросы Грубые ошибки в решении задачи

### **КМ-2. Особенности расчета на прочность валов ГМ**

**Формы реализации:** Проверка задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчет собственных колебаний валов ГМ

**Краткое содержание задания:**

Расчет собственных колебания валов ГМ с сосредоточенными и распределенными параметрами; расчет вынужденных колебаний

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные методы расчета напряженно-деформированного состояния элементов гидромашин | 1.Критическая частота вращения вала. Расчет одномассового вала.<br>2.Собственные колебания двухмассового вала; расчет вынужденных колебаний<br>3.Колебания роторов гидромашин с распределенной массой. Метод начальных параметров<br>4.Каково влияние податливости опор вала ГМ и гироскопических эффектов на собственные частоты. |
| Уметь: анализировать полученные результаты                                                | 1.Что такое резонансная частота? Как изменяется амплитудно-частотная характеристика (АЧХ) безинерционного вала с точечными массами                                                                                                                                                                                                 |

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения задания:* Полные ответы на теоретические вопросы  
Правильно решена задача

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания:* Неполные ответы на теоретические вопросы  
Есть неточности в решении задачи

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 30*

*Описание характеристики выполнения задания:* Нечеткие и неполные ответы на теоретические вопросы Грубые ошибки в решении задачи

**КМ-3. Динамическая прочность элементов ГТ**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Теоретические вопросы  
Приближенный расчет собственных колебаний лопасти ГТ как секториальной пластины

**Краткое содержание задания:**

Влияние рабочего колеса и рабочей камеры ГТ на частоты собственных колебаний лопасти ГТ

**Контрольные вопросы/задания:**

|                                                        |                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: составлять расчетные схемы элементов гидромашин | 1.Проанализируйте зависимость зазора в рабочей камере на частоты собственных колебаний лопасти<br>2.Особенности расчета корпуса насоса, |
|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|  |                                        |
|--|----------------------------------------|
|  | подкрепленного меридиональными ребрами |
|--|----------------------------------------|

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Полные ответы на теоретические вопросы  
Правильно решена задача

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Неполные ответы на теоретические вопросы  
Есть неточности в решении задачи

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 30*

*Описание характеристики выполнения знания:* Нечеткие и неполные ответы на теоретические вопросы Грубые ошибки в решении задачи

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

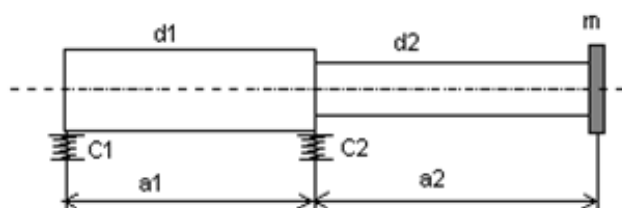
2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

|     |                           |                                                                             |               |
|-----|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------|
|     | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 1 |                                                                             | Утверждаю:    |
| МЭИ | Кафедра ГГМ               | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность<br/>гидравлического оборудования</i> | Зав. кафедрой |
|     | Институт: ИГВИЭ           |                                                                             |               |
|     |                           |                                                                             |               |

1. Классификация сил, действующих в ЛГМ. Виды повреждений гидроагрегатов; причины повреждений. Расчетные схемы основных элементов центробежных гидромашин.
2. Функции Крылова, их свойства.
3. Задача



Найти две первые частоты и  
вала насоса. Расчет провести  
Как изменятся частоты и форм  
 $E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ ;  $\rho=7.8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $c_1=c_2$ : 1)  $1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$ ; 2)  $0.1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$

### Процедура проведения

Письменный экзамен с использованием ПК и необходимого ПО. Студент получает билет и задачу. Выполняет полученное задание и сдает на проверку преподавателю. Время проведения 1,5 часа

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>ПК-3</sub> Использует теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности повышенной эффективности

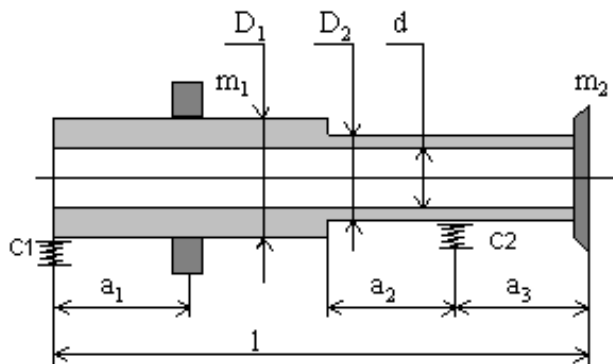
## **Вопросы, задания**

- 1.1. Классификация сил, действующих в ЛГМ. Виды повреждений гидроагрегатов; причины повреждений.
2. Расчетные схемы основных элементов центробежных гидромашин.
3. Показатели качества гидротурбин и насосного оборудования. Надежность гидромашин; объекты теории надежности.
4. Вариационные методы расчетов гидромашин на прочность. Энергия деформации изгиба пластины.
5. Предварительная оценка прочности лопасти ПЛГТ. Напряжения в корневом сечении; эквивалентные напряжения.
6. Примеры форм собственных колебаний двухмассового безинерционного вала.
7. Расчет лопасти ПЛГТ методом Ритца. Энергия деформации лопасти. Базисные функции; граничные условия.
8. Изменение прогиба лопасти под действием равномерной и реальной нагрузок.
9. Критическая частота вращения одномассового вала.
10. Критическая частота вращения двухмассового вала.
11. Расчет лопасти ГТ на усталостную прочность. Предел выносливости; долговечность лопасти.
12. Определение запаса прочности лопасти по напряжениям.
13. Логарифмическая кривая усталости. Условный предел коррозионно-усталостной прочности; масштабный фактор.
14. Коэффициент влияния асимметрии цикла; коэффициент концентрации напряжений. Расчет долговечности лопасти ГТ.
15. Допускаемые напряжения в расчетах лопасти на прочность.
16. Осевой и экваториальный моменты инерции рабочего колеса гидромашин.
17. Расчетная схема крупного ЦБ насоса; внутренние силовые факторы. Сведение к двумерной задаче теории оболочек.
18. Выражения для главных напряжений в корпусе. Условия выбора толщины корпуса при проектном расчете насоса.

|            |                                  |                                                                         |              |
|------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
|            | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 2</b> |                                                                         | Утверждаю:   |
| <b>МЭИ</b> | Кафедра ГГМ                      | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|            | Институт: <b>ИГВИЭ</b>           |                                                                         |              |
|            |                                  |                                                                         |              |

1. Показатели качества гидротурбин и насосного оборудования. Надежность гидромашин; объекты теории надежности. Состояния и события; виды отказов. Показатели надежности.
2. Понятие о матрице перехода.

### 3. Задача.



Найти три первые частоты и формы собственных колебаний двухопорного вала гидротурбины. Расчет провести для трех вариантов жесткости опор. Как изменятся собственные частоты и формы колебаний, если ввести дополнительную опору жесткости  $c_2$  в месте изменения сечения вала?

$E=2,1 \cdot 10^{11}$  Па;  $\rho=7,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $m_1=8 \cdot 10^5$  кг;  $m_2=1 \cdot 10^5$  кг;  $D_1=1,2$  м;  $D_2=1,0$  м;  $d=0,8$  м;  
 $a_1=2,3$  м;  $a_2=1,2$  м;  $a_3=a_2$ ;  $l=7$  м;  
 $c_1=c_2$ : 1)  $1 \cdot 10^9$  Н/м; 2)  $0,1 \cdot 10^9$  Н/м; 3)  $1 \cdot 10^7$  Н/м;

### 3.

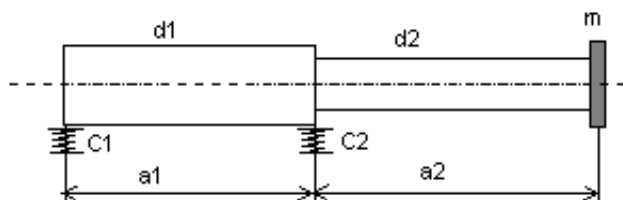
|            |                                  |                                                                             |              |
|------------|----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|
|            | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3</b> |                                                                             | Утверждаю:   |
| <b>МЭИ</b> | Кафедра ГГМ                      | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность<br/>гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|            | Институт: <b>ИГВИЭ</b>           |                                                                             |              |
|            |                                  |                                                                             |              |

1. Вариационные методы расчетов гидромашин на прочность. Энергия деформации изгиба пластины.

Основы метода конечных элементов.

2. Понятие о гироскопических моментах

3. Задача.



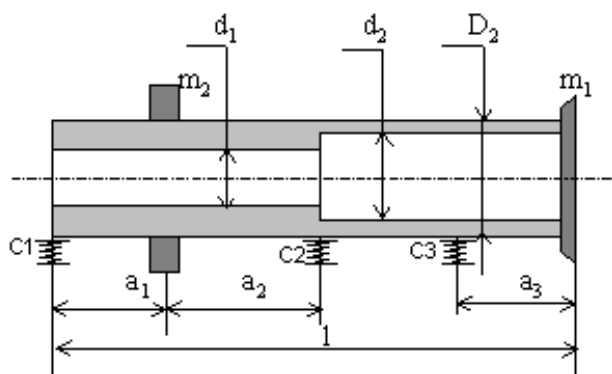
Найти две первые частоты и формы собственных колебаний двухопорного консольного вала насоса. Расчет провести для двух вариантов жесткости опор. Как изменятся частоты и формы колебаний, если опоры поместить в середине пролетов?

$E=2,1 \cdot 10^{11}$  Па;  $\rho=7,8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $m=38$  кг;  $d_1=0,09$  м;  $d_2=0,15$  м;  $a_1=0,29$  м;  $a_2=1,3$  м;  
 $c_1=c_2$ : 1)  $1 \cdot 10^9$  Н/м; 2)  $0,1 \cdot 10^9$  Н/м;

### 4.

|            |                                  |                                                                         |              |
|------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
|            | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 4</b> |                                                                         | Утверждаю:   |
| <b>МЭИ</b> | Кафедра ГГМ                      | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|            | Институт: <b>ИГВИЭ</b>           |                                                                         |              |
|            |                                  |                                                                         |              |

1. Предварительная оценка прочности лопасти ПЛГТ. Напряжения в корневом сечении; эквивалентные напряжения. Напряжения в пере лопасти; метод косых сечений.
2. Примеры форм собственных колебаний двухмассового безинерционного вала.
3. Задача.

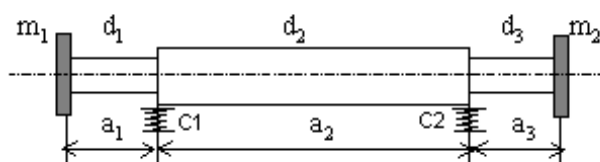


Найти две первые частоты и формы собственных колебаний трехопорного вала гидротурбины. Расчет провести для трех вариантов жесткости опор.  
 $E=2 \cdot 10^{11}$  Па;  $\rho=7.8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $m_1=0.9 \cdot 10^5$  кг;  $m_2=4 \cdot 10^5$  кг;  $d_1=0.6$  м;  $d_2=0.8$  м;  $D_2=1.1$  м;  
 $a_1=1.3$  м;  $a_2=2.5$  м;  $a_3=1.5$  м;  $l=8$  м;  $c_1=c_2=c_3$ : 1)  $1 \cdot 10^9$  Н/м; 2)  $0.1 \cdot 10^9$  Н/м; 3)  $1 \cdot 10^7$  Н/м;

5.

|            |                                  |                                                                         |              |
|------------|----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
|            | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 5</b> |                                                                         | Утверждаю:   |
| <b>МЭИ</b> | Кафедра ГГМ                      | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|            | Институт: <b>ИГВИЭ</b>           |                                                                         |              |
|            |                                  |                                                                         |              |

1. Расчет лопасти ПЛГТ методом Ритца. Энергия деформации лопасти. Базисные функции; граничные условия. Характер изменения напряжений при переходе от входной к выходной кромке и от периферии к корневому сечению. Изменение прогиба лопасти под действием равномерной и реальной нагрузок.
2. Критическая частота вращения вала.
3. Задача.



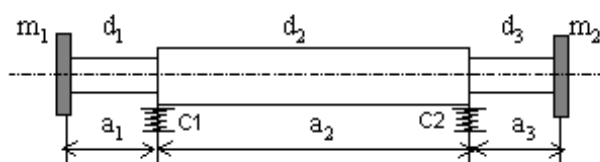
Найти две первые частоты ступенчатого сечения с двумя жесткости опор.

Как изменятся собственные частоты при изменении жесткости опор?  
 $E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ ;  $\rho=7.8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $a_2=0.5 \text{ м}$ ;  $a_3=a_1$ ;  
 $c_1=c_2$ : 1)  $1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$ ; 2)  $0.1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$

6.

|     |                           |                                                                         |              |
|-----|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
|     | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6 |                                                                         | Утверждаю:   |
| МЭИ | Кафедра ГГМ               | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|     | Институт: ИГВИЭ           |                                                                         |              |
|     |                           |                                                                         |              |

1. Применение МКЭ к расчету лопасти ПЛГТ. Функционал Рейсснера; потенциальная энергия плоского напряженного состояния. Характер изменения напряжений при равномерном и реальном распределении давления. Особенности расчета рабочего колеса РОГТ.
2. Понятие надежности гидромашин.
3. Задача.



Найти три первые частоты ступенчатого сечения с двумя жесткости опор.

Как изменятся собственные влево?

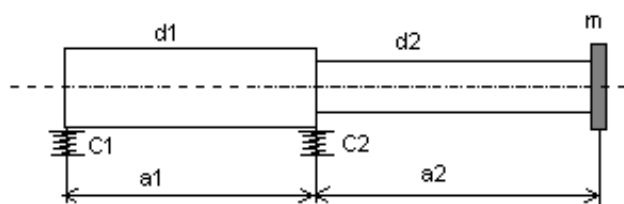
$E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \rho=7.8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$

$C_1=C_2: 1) 1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}; 2) 0.1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$

7.

|     |                           |                                                                         |              |
|-----|---------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
|     | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 7 |                                                                         | Утверждаю:   |
| МЭИ | Кафедра ГТМ               | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|     | Институт: ИГВИЭ           |                                                                         |              |
|     |                           |                                                                         |              |

1. Расчет лопасти ГТ на усталостную прочность. Предел выносливости; долговечность. Факторы, влияющие на усталостную прочность. Определение запаса прочности лопасти по напряжениям.
2. Показатели надежности.
3. Задача.

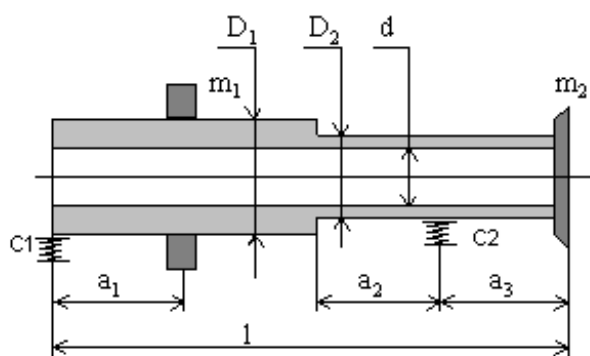


Найти две первые частоты и провести для трех вариантов: Как изменятся собственные опоры жесткости  $c_1$  в середине  $E=2.1 \cdot 10^{11}$  Па;  $\rho=7.8 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>;  $c_1=c_2$ : 1)  $1 \cdot 10^9$  Н/м; 2)  $0.1 \cdot 10^9$  Н/м

8.

|     |                           |                                                                     |              |
|-----|---------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------|
|     | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 8 |                                                                     | Утверждаю:   |
| МЭИ | Кафедра ГГМ               | Дисциплина:<br>Динамика и прочность<br>гидравлического оборудования | Зав.кафедрой |
|     | Институт: ИГВИЭ           |                                                                     |              |
|     |                           |                                                                     |              |

1. Логарифмическая кривая усталости. Условный предел коррозионно-усталостной прочности; масштабный фактор; коэффициент влияния асимметрии цикла; коэффициент концентрации напряжений. Расчет долговечности лопасти ГТ. Допускаемые напряжения в расчетах лопасти на прочность.
2. Осевой и экваториальный моменты инерции рабочего колеса гидромашины.
3. Задача.

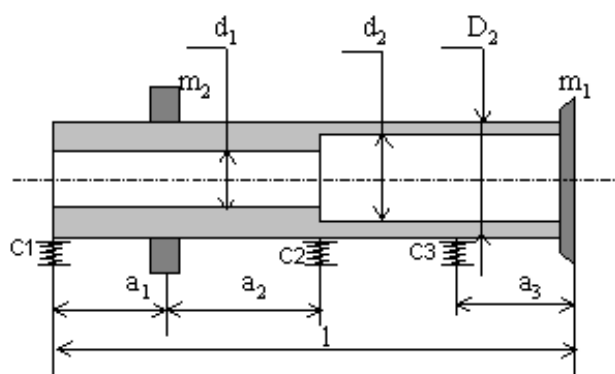


Найти две первые частоты гидротурбины. Расчет провести  
 $E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ ;  $\rho=7.8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$ ;  
 $a_1=2.7 \text{ м}$ ;  $a_2=1.7 \text{ м}$ ;  $a_3=1.3 \text{ м}$ ;  $l=8.6$   
 $c_1=c_2$ : 1)  $1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$ ; 2)  $0.1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$

9.

|     |                           |                                                                             |              |
|-----|---------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|
|     | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 9 |                                                                             | Утверждаю:   |
| МЭИ | Кафедра ГГМ               | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность<br/>гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|     | Институт: ИГВИЭ           |                                                                             |              |
|     |                           |                                                                             |              |

1. Расчетная схема крупного ЦБ насоса; внутренние силовые факторы. Сведение к двумерной задаче теории оболочек. Выражения для главных напряжений в корпусе. Условия выбора толщины корпуса при проектном расчете насоса. Характер изменения главных напряжений вдоль меридионального сечения и вдоль спирали. Резервы снижения металлоемкости корпуса.
2. Объекты теории надежности.
3. Задача.

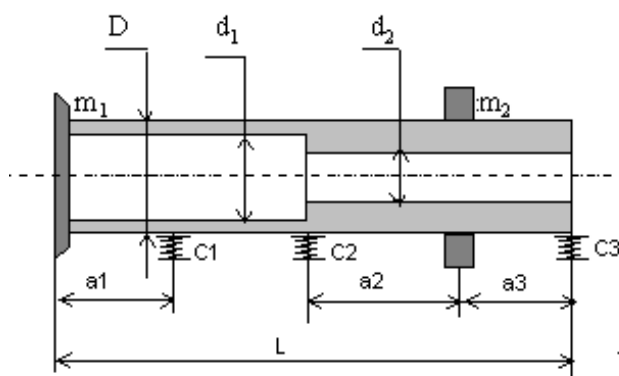


Найти две первые частоты гидротурбины.  $E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ ;  $d_1=0.7 \text{ м}$ ;  $d_2=0.9 \text{ м}$ ;  $D_2=1.5 \text{ м}$ ; 2)  $1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$ ; 3)  $1 \cdot 10^8 \text{ Н/м}$ ;

10.

|            |                                   |                                                                         |              |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|--------------|
|            | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 10</b> |                                                                         | Утверждаю:   |
| <b>МЭИ</b> | Кафедра ГГМ                       | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|            | Институт: <b>ИГВИЭ</b>            |                                                                         |              |
|            |                                   |                                                                         |              |

1. Расчетная нагрузка корпуса насоса. Давление гидропробы. Варианты граничных условий при гидроиспытаниях, их влияние на напряженное состояние. Возможность осевой разгрузки корпуса насоса; граничные условия; распределение напряжений.
2. Понятие предела выносливости.
3. Задача.



Найти две первые частоты и ф

$E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \rho=7.8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3;$

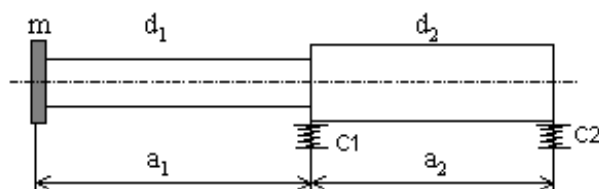
$2.5 \text{ м}; a_2=2.5 \text{ м}; a_3=1.0 \text{ м}; l=8 \text{ м}$

$c_1=c_2=c_3 : 1) 1 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}; 2) 1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}$

11.

|            |                                   |                                                                             |              |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|
|            | <b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ N 11</b> |                                                                             | Утверждаю:   |
| <b>МЭИ</b> | Кафедра ГГМ                       | Дисциплина:<br><i>Динамика и прочность<br/>гидравлического оборудования</i> | Зав.кафедрой |
|            | Институт: <b>ИГВИЭ</b>            |                                                                             |              |
|            |                                   |                                                                             |              |

1. Расчет колебаний вала. Одномассовый невесомый вал.  
Критическая скорость. Влияние гироскопических моментов.
2. Расчетные схемы основных элементов центробежных гидромашин.
3. Задача.



Найти две первые частоты и формы собственных колебаний двухопорного вала насоса ступенчатого сечения с одним рабочим колесом.

Как изменятся собственные частоты, если  $d_1=d_2$ ? Расчет провести для трех вариантов жесткости опор.  $E=2.1 \cdot 10^{11} \text{ Па}; \rho=7.8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3; m=20 \text{ кг}; d_1=0.04 \text{ м}; d_2=0.06 \text{ м}; a_1=0.55 \text{ м}; a_2=0.4 \text{ м}; c_1=c_2: 1) 1 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}; 2) 1 \cdot 10^9 \text{ Н/м}; 3) 1 \cdot 10^8 \text{ Н/м}$

## Материалы для проверки остаточных знаний

1.Классификация сил, действующих в ЛГМ. Виды повреждений гидроагрегатов; причины поврежденийсчете насос

Ответы:

1

Верный ответ: 1

2.Расчетные схемы основных элементов центробежных гидромашин

Ответы:

1

Верный ответ: 1

3.Показатели качества гидротурбин и насосного оборудования. Надежность гидромашин; объекты теории надежности

Ответы:

1

Верный ответ: 1

4.1

Ответы:

Вариационные методы расчетов гидромашин на прочность. Энергия деформации изгиба пластины

Верный ответ: 1

5.Предварительная оценка прочности лопасти ПЛГТ. Напряжения в корневом сечении; эквивалентные напряжения

Ответы:

1

Верный ответ: 1

6.Примеры форм собственных колебаний двухмассового безинерционного вала

Ответы:

1

Верный ответ: 1

7.Расчет лопасти ПЛГТ методом Ритца. Энергия деформации лопасти. Базисные функции; граничные условия

Ответы:

1

Верный ответ: 1

8.Изменение прогиба лопасти под действием равномерной и реальной нагрузок

Ответы:

1

Верный ответ: 1

9.Критическая частота вращения одномассового вала

Ответы:

1

Верный ответ: 1

10. Критическая частота вращения двухмассового вала

Ответы:

1

Верный ответ: 1

11. Расчет лопасти ГТ на усталостную прочность. Предел выносливости; долговечность лопасти

Ответы:

1

Верный ответ: 1

12. Определение запаса прочности лопасти по напряжениям

Ответы:

1

Верный ответ: 1

13. Логарифмическая кривая усталости. Условный предел коррозионно-усталостной прочности; масштабный фактор

Ответы:

1

Верный ответ: 1

14. Коэффициент влияния асимметрии цикла; коэффициент концентрации напряжений. Расчет долговечности лопасти ГТ

Ответы:

1

Верный ответ: 1

15. Допускаемые напряжения в расчетах лопасти на прочность

Ответы:

1

Верный ответ: 1

16. Осевой и экваториальный моменты инерции рабочего колеса гидромашины

Ответы:

1

Верный ответ: 1

17. Расчетная схема крупного ЦБ насоса; внутренние силовые факторы. Сведение к двумерной задаче теории оболочек

Ответы:

1

Верный ответ: 1

18. Выражения для главных напряжений в корпусе. Условия выбора толщины корпуса при проектном расчете насоса

Ответы:

1

Верный ответ: 1

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена на хорошем уровне.*

*Ответы даны верно, четко сформулированы особенности практических решений*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 40*

*Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно*

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

Итоговая оценка определяется по итогам текущего контроля успеваемости и экзаменационной оценки