

**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  
Гидроэнергетические установки**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

|                                                                                   |                                                    |                             |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                             |
|                                                                                   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                             |
|                                                                                   | Владелец                                           | Байков В.Н.                 |
|                                                                                   | Идентификатор                                      | R0f550b1f-BaikovVN-e3393b08 |

В.Н. Байков

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

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

Б.М.  
Орахелашвили

Заведующий  
выпускающей  
кафедрой

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

А.В. Волков

## 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: Письменная работа

1. Конструкция и проектирование валов и опор гидроагрегатов, вспомогательное оборудование гидротурбин (Тестирование)
2. Конструкция и проектирование основных рабочих органов реактивных гидротурбин (Контрольная работа)
3. Рабочие процессы активных гидротурбин. Обратимые гидромашины (Тестирование)
4. Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС (Графическая работа (чертеж))

## БРС дисциплины

1 семестр

| Раздел дисциплины                                                                             | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|------|------|------|------|
|                                                                                               | Индекс КМ:                      | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|                                                                                               | Срок КМ:                        | 4    | 8    | 12   | 16   |
| Активные гидротурбины. Рабочий процесс активной двухкратной гидротурбины                      |                                 |      |      |      |      |
| Активные гидротурбины. Рабочий процесс активной двухкратной гидротурбины                      |                                 | +    |      |      |      |
| Активные гидротурбины. Рабочий процесс активной ковшовой гидротурбины                         |                                 |      |      |      |      |
| Активные гидротурбины. Рабочий процесс активной ковшовой гидротурбины                         |                                 | +    |      |      |      |
| Обратимые гидромашины гидроаккумулирующих электрических станций (ГАЭС)                        |                                 |      |      |      |      |
| Обратимые гидромашины гидроаккумулирующих электрических станций (ГАЭС)                        |                                 | +    |      |      |      |
| Конструкции и проектирование гидротурбин. Конструкция и проектирование направляющего аппарата |                                 |      |      |      |      |

|                                                                                                |    |    |    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
| Конструкции и проектирование гидротурбин                                                       |    | +  |    |    |
| Конструкция и проектирование направляющего аппарата                                            |    | +  |    |    |
| Конструкции и проектирование радиально-осевых и поворотно-лопастных рабочих колес гидротурбин. |    |    |    |    |
| Конструкции и проектирование радиально-осевых и поворотно-лопастных рабочих колес гидротурбин  |    | +  |    |    |
| Подшипники и валы гидротурбин                                                                  |    |    |    |    |
| Подшипники и валы гидротурбин                                                                  |    |    | +  |    |
| Вспомогательное оборудование гидротурбин                                                       |    |    |    |    |
| Вспомогательное оборудование гидротурбин                                                       |    |    | +  |    |
| Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС                     |    |    |    |    |
| Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС                     |    |    |    | +  |
| Вес КМ:                                                                                        | 25 | 25 | 25 | 25 |

2 семестр

|                   |                                          |
|-------------------|------------------------------------------|
| Раздел дисциплины | Весы<br>контрольных<br>мероприятий,<br>% |
|                   | Индекс КМ:                               |
|                   | Срок КМ:                                 |
| Вес КМ:           |                                          |

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

**БРС курсовой работы/проекта**

2 семестр

| Раздел дисциплины                                                                                                                | Весы контрольных мероприятий, % |          |          |          |          |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                                                                                  | Индекс<br>КМ:                   | КМ-<br>1 | КМ-<br>2 | КМ-<br>3 | КМ-<br>4 |
|                                                                                                                                  | Срок КМ:                        | 4        | 8        | 12       | 16       |
| Получение задания, подбор проектных материалов.<br>Выполнение эскиза конструкции. Расчет нагрузок на лопастях рабочего колеса    |                                 | +        |          |          |          |
| Расчет потребного усилия сервомотора рабочего колеса.<br>Выполнение сборочного чертежа рабочего колеса                           |                                 |          | +        |          |          |
| Расчет нагрузок на лопатках направляющего аппарата и расчет усилия сервомотора. Разработка направляющего подшипника гидротурбины |                                 |          |          | +        |          |
| Оформление графической части и расчетно-пояснительной записки                                                                    |                                 |          |          |          | +        |
| Вес КМ:                                                                                                                          |                                 | 25       | 20       | 25       | 30       |

## 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>основы рабочего процесса обратимых гидромашин<br>основные источники научно-технической информации по гидротурбинам<br>основы рабочего процесса гидротурбин и их отдельных рабочих органов<br>условия моделирования гидротурбин и метода пересчета основных характеристик модельных гидротурбин на их натурные прототипы<br>современные конструкции реактивных и активных гидротурбин, а также взаимодействие их отдельных элементов и узлов;<br>Уметь:<br>выполнять расчет и | Рабочие процессы активных гидротурбин. Обратимые гидромашины (Тестирование)<br>Конструкция и проектирование основных рабочих органов реактивных гидротурбин (Контрольная работа)<br>Конструкция и проектирование валов и опор гидроагрегатов, вспомогательное оборудование гидротурбин (Тестирование)<br>Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС (Графическая работа (чертеж)) |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p>сделать обоснованный<br/> выбор основных<br/> конструктивных<br/> параметров отдельных<br/> узлов и деталей<br/> конструкции<br/> гидротурбины<br/> делать обоснованный<br/> выбор гидротурбин на<br/> заданные параметры<br/> конкретной ГЭС (по<br/> совокупности показателей<br/> качества и<br/> работоспособности)<br/> анализировать рабочие<br/> характеристики и<br/> оценивать их технические<br/> результаты при<br/> длительной эксплуатации<br/> гидротурбины<br/> выполнять пересчет<br/> опытных характеристик<br/> модельной гидротурбины,<br/> соблюдая условия<br/> подобия, на ее натурный<br/> прототип<br/> делать выбор<br/> рациональной силовой<br/> схемы привода механизма<br/> поворота лопаток<br/> направляющего аппарата<br/> гидротурбины и<br/> разработать его</p> |  |
|--|--|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
|  |  | <p> конструкцию<br/> делать выбор<br/> рациональной силовой<br/> схемы привода механизма<br/> поворота лопастей<br/> рабочего колеса и<br/> разработать его<br/> конструкцию, увязав его с<br/> конструкцией поворотно-<br/> лопастного колеса осевой<br/> и диагональных<br/> гидротурбин<br/> делать обоснованный<br/> выбор основных<br/> расчетных параметров и<br/> выполнить<br/> гидромеханический расчет<br/> проточных частей рабочих<br/> органов гидротурбины<br/> использовать современные<br/> технологии<br/> проектирования для<br/> разработки<br/> конкурентоспособных<br/> гидротурбин </p> |  |
|--|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|

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

### **КМ-1. Рабочие процессы активных гидротурбин. Обратимые гидромашины**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент отвечает на вопросы теста письменно. Время проведения 20 мин.

#### **Краткое содержание задания:**

Привести ответы на контрольные вопросы- один на знания, один на умение

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основные источники научно-технической информации по гидротурбинам                                                                                                                                                    | 1. Какие типы и конструкции основных видов активных гидротурбин существуют<br><br>2. От каких параметров зависит коэффициент полезного действия рабочих органов ковшовой гидротурбины<br>3. Как рассчитывается общий КПД ковшовой гидротурбины |
| Знать: современные конструкции реактивных и активных гидротурбин, а также взаимодействие их отдельных элементов и узлов;                                                                                                    | 1. Сравните схемы основного гидросилового оборудования ГАЭС, для каких условий применяются различные виды схем<br>2. Какие режимы работы свойственны обратимому гидроагрегату ГАЭС                                                             |
| Уметь: выполнять расчет и сделать обоснованный выбор основных конструктивных параметров отдельных узлов и деталей конструкции гидротурбины                                                                                  | 1. Рассчитайте параметры натурной ковшевой турбины по приведенным величинам                                                                                                                                                                    |
| Уметь: делать выбор рациональной силовой схемы привода механизма поворота лопастей рабочего колеса и разработать его конструкцию, увязав его с конструкцией поворотного-лопастного колеса осевой и диагональных гидротурбин | 1. Составьте диаграмму преобразования энергии потока в активной гидротурбине                                                                                                                                                                   |
| Уметь: делать выбор рациональной силовой схемы привода механизма поворота лопаток направляющего аппарата гидротурбины и разработать его конструкцию                                                                         | 1. Оцените условия формирования оптимального режима работы ковшовой гидротурбины<br>2. По точке на круговой диаграмме определите в каком режиме и с какими параметрами работает обратимая радиально-осевая гидромашина                         |

#### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## **КМ-2. Конструкция и проектирование основных рабочих органов реактивных гидротурбин**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Студент отвечает на вопросы теста письменно. Время проведения 20 мин.

### **Краткое содержание задания:**

- 1.Перечислите и приведите схемы компоновки гидротурбинных агрегатов ГЭС.
- 2.Приведите основные конструкции рабочих колес реактивных гидротурбин.
- 3.Перечислите условия применения поворотно-лопастных, пропеллерных и диагональных гидротурбин.
- 4.Алгоритм определения потребного усилия сервомотора осевого поворотно-лопастного рабочего колеса.

### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                   |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основы рабочего процесса гидротурбин и их отдельных рабочих органов                                                                   | 1.Перечислите и приведите схемы компоновки гидротурбинных агрегатов ГЭС.<br><br>2.Приведите основные конструкции рабочих колес реактивных гидротурбин             |
| Знать: условия моделирования гидротурбин и метода пересчета основных характеристик модельных гидротурбин на их натурные прототипы            | 1.Перечислите условия применения поворотно-лопастных, пропеллерных и диагональных гидротурбин                                                                     |
| Уметь: делать обоснованный выбор гидротурбин на заданные параметры конкретной ГЭС (по совокупности показателей качества и работоспособности) | 1.Уметь определять потребное усилие сервомотора осевого поворотно-лопастного рабочего колеса<br>2.Определять расчетное усилие сервомоторов направляющего аппарата |

### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

### **КМ-3. Конструкция и проектирование валов и опор гидроагрегатов, вспомогательное оборудование гидротурбин**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** контрольная работа

#### **Краткое содержание задания:**

1. Основные применяемые конструкции направляющих подшипников гидротурбин.
2. Назовите особенности и условия применения направляющих подшипников гидротурбин с водяной и масляной смазкой.
3. Нагрузки, действующие на подшипники, у вертикальных и горизонтальных гидротурбин.
4. Приведите алгоритм теплового расчета сегментного направляющего подшипника на водяной смазке.
5. Приведите алгоритм теплового расчета сегментного подшипника на масляной смазке.
6. Основные системы вспомогательного оборудования ГЭС, состав и расчет

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Знать: основы рабочего процесса обратимых гидромашин                                                                       | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Основные применяемые конструкции направляющих подшипников гидротурбин</li><li>2. Назовите особенности и условия применения направляющих подшипников гидротурбин с водяной и масляной смазкой</li><li>3. Нагрузки, действующие на подшипники, у вертикальных и горизонтальных гидротурбин</li></ol> |
| Уметь: анализировать рабочие характеристики и оценивать их технические результаты при длительной эксплуатации гидротурбины | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Выбрать необходимое оборудование для систем ВО ГЭС</li></ol>                                                                                                                                                                                                                                       |
| Уметь: выполнять пересчет опытных характеристик                                                                            | <ol style="list-style-type: none"><li>1. Уметь применять алгоритм теплового расчета сегментного направляющего подшипника на водяной</li></ol>                                                                                                                                                                                               |

|                                                                                                                                                   |                                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| модельной гидротурбины, соблюдая условия подобия, на ее натурный прототип                                                                         | смазке<br><br>2. Уметь применять алгоритм теплового расчета сегментного подшипника на масляной смазке |
| Уметь: делать обоснованный выбор основных расчетных параметров и выполнить гидромеханический расчет проточных частей рабочих органов гидротурбины | 1. Определение осевого усилия и момента, действующего на вал гидротурбины                             |

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено*

#### **КМ-4. Характеристики, номенклатура и выбор гидротурбин на заданные параметры ГЭС**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Графическая работа (чертеж)

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Сдача расчетного задания работы

#### **Краткое содержание задания:**

выполнение и защита расчетного задания «Выбор гидротурбин для ГЭС»;

#### **Контрольные вопросы/задания:**

|                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Уметь: использовать современные технологии проектирования для разработки конкурентоспособных гидротурбин | 1. Определение основных параметров гидроагрегата, построение рабочих и эксплуатационных характеристик, принятие компоновочных решений<br>2. Выполнение вариантного выбора гидротурбины на заданные условия ГЭС |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

Оценка: 2

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "неудовлетворительно" выставляется если задание выполнено неверно или преимущественно не выполнено

## Для курсового проекта/работы

### 2 семестр

#### I. Описание КП/КР

Разработать конструкцию и выполнить предусмотренные методическими указаниями расчеты основных элементов реактивной поворотно-лопастной гидротурбины \_\_\_\_\_, включая разработку чертежей: - общего вида: разрез по оси гидроагрегата и план гидротурбины; - сборочного чертежа рабочего колеса.

#### II. Примеры задания и темы работы

##### Пример задания

1. Проточная часть проектируемой гидротурбины геометрически подобна модельной гидротурбине \_\_\_\_\_ (универсальная характеристика № \_\_\_\_\_).
2. Диаметр рабочего колеса  $D1 =$  \_\_\_\_\_ м.
3. Частота вращения синхронная  $n_c =$  \_\_\_\_\_ об/мин.
4. Номинальная мощность гидротурбины при расчетном напоре  $N_n =$  \_\_\_\_\_ кВт
5. Напоры рабочие: расчетный  $H_{рас} =$  \_\_\_\_\_ м; максимальный  $H_{max} =$  \_\_\_\_\_ м; минимальный  $H_{min} =$  \_\_\_\_\_ м.
6. Приведенные моменты суммарные (относительно оси поворота лопасти рабочего колеса):
  - в номинальном режиме работы  $M'_{In} =$  \_\_\_\_\_ Н·м «зак»;
  - в разгонном режиме работы  $M'_{Ip} =$  \_\_\_\_\_ Н·м «откр».
7. Коэффициент разгона  $K_p =$  \_\_\_\_\_
8. Величины, приведенные к  $D1 = 1$  м:
  - масса пера лопасти при  $\gamma = 7850$  кг/м<sup>3</sup>  $G_{ПЛ} =$  \_\_\_\_\_ кг;
  - радиус центра тяжести пера лопасти  $R1 =$  \_\_\_\_\_ м.
9. Угол охвата лопасти в плане  $\alpha =$  \_\_\_\_\_ град.

#### Тематика КП/КР:

Спроектировать турбины марок в зависимости от варианта ПЛ 20/811

ПЛ-30а-/587Б

ПЛ-30б/800

ПЛ-40/800-а

ПЛ-40/587б

ПЛ-50/1075  
ПЛД-50/4015-B600  
ПЛД-60/4011Б-B600  
ПЛД-70/4011А –B600  
ПЛД-90/2556-B450  
ПЛД-115/2556Б-B450

**КМ-1. Получение задания, подбор проектных материалов. Выполнение эскиза конструкции. Расчет нагрузок на лопасть рабочего колеса**

**Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

**КМ-2. Расчет потребного усилия сервомотора рабочего колеса. Выполнение сборочного чертежа рабочего колеса**

**Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения задания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

**КМ-3. Расчет нагрузок на лопатки направляющего аппарата и расчет усилия сервомотора. Разработка направляющего подшипника гидротурбины**

**Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

#### **КМ-4. Оформление графической части и расчетно-пояснительной записки**

##### **Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 5 («отлично»), если задание получено с опозданием не более чем на 2 недели*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 4 («хорошо»), если задание получено с опозданием не более чем на 3 недели*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 3 («удовлетворительно»), если задание получено с опозданием более чем на 3 недели*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: Оценка 2 («неудовлетворительно»), если задание не выполнено*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

|            |                          |                               |                            |
|------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| НИУ<br>МЭИ | ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №2 |                               | Утверждаю:<br>Зав.кафедрой |
|            |                          |                               | 20.12.2019                 |
|            |                          | Кафедра ГГМ<br>Институт ИГВИЭ | Дисциплина: ГЭУ            |
|            |                          |                               |                            |

1. Диаграмма преобразования энергии потока в активной гидротурбине
2. Особенности конструкции рабочего колеса диагональной гидротурбины

## Процедура проведения

Устный опрос студентам по темам билета

### *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. Типы и конструкции основных видов активных гидротурбин
2. Диаграмма преобразования энергии потока в активной гидротурбине
3. Основное уравнение ковшовой гидротурбины
4. Условия формирования оптимального режима работы ковшовой гидротурбины
5. Коэффициенты полезного действия рабочих органов ковшовой гидротурбины. Общий КПД ковшовой гидротурбины
6. Баланс энергии в ковшовой гидротурбине
7. Приведенные величины ковшовой гидротурбины
8. Схемы основного гидросилового оборудования ГАЭС
9. Круговая диаграмма обратимой радиально-осевой гидромашины
10. Режимы работы обратимого гидроагрегата ГАЭС
11. Расчет рабочих характеристик гидромашины по универсальной характеристике модели
12. Компоновка вертикальных гидроагрегатов. Основные элементы конструкции механической части гидрогенератора
13. Закладные части гидротурбины

14. Конструкция рабочих колес РО турбин
15. Гидравлическое осевое усилие РО турбин. Типы лабиринтных уплотнений рабочих колес РО турбины
16. Конструкции рабочих колес поворотно-лопастных гидротурбин. Компонировочные схемы привода поворота лопастей рабочих колес
17. Особенности конструкции рабочего колеса диагональной гидротурбины
18. Организация подачи масла в сервомотор рабочего колеса поворотно-лопастной гидротурбины. Конструкция маслоприемника
19. Расчет потребного усилия сервомотора осевого поворотно-лопастного рабочего колеса
20. Схема и расчет усилий, действующих на лопасть рабочего колеса осевой гидротурбины
21. Конструкции направляющих аппаратов реактивных гидротурбин. Выбор рациональной схемы привода поворота лопаток направляющего аппарата
22. Типы сервомоторов направляющего аппарата
23. Силовые и моментные характеристики лопаток направляющего аппарата
24. Определение потребного усилия сервомоторов направляющего аппарата
25. Вала крупных гидротурбин. Методы расчета вертикального турбинного вала
26. Конструкции и типы направляющих подшипников гидротурбин. Нагрузки, действующие на подшипники вертикальных и горизонтальных гидротурбин
27. Тепловой расчет сегментного обрезиненного подшипника
28. Алгоритм расчета направляющего подшипника турбины работающего на масляной смазке
29. Вспомогательное оборудование гидротурбины
30. Технические системы ГЭС для обеспечения работы гидротурбинного оборудования

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

1. Основное отличие активных гидротурбин от реактивных  
 Ответы:  
 1. В зависимости от соотношения долей потенциальной и кинетической энергии в балансе преобразуемой энергии потока воды турбины делятся на два класса: активные и реактивные
2. Рабочее колесо реактивной гидротурбины полностью погружено в поток, а активной частично (порциально).
3. В активных гидротурбинах реализуется кинетическая энергия, в отличие от реактивных гидротурбин в которых преобразуется потенциальная и кинетическая энергия потока (доля потенциальной энергии 70...75% для низконапорных и 50% для высоконапорных реактивных гидротурбин)  
 Верный ответ: 3. В активных гидротурбинах реализуется кинетическая энергия, в отличие от реактивных гидротурбин в которых преобразуется потенциальная и кинетическая энергия потока (доля потенциальной энергии 70...75% для низконапорных и 50% для высоконапорных реактивных гидротурбин)
2. В каких случаях применяется двухмашинная схема ГАЭС и ее основные преимущества  
 Ответы:  
 1. Двухмашинная схема, имеет две обратимые машины: двигатель-генератор и обратимую насос-турбину,  
 2. Применяется для напоров от 80 до 1000 м  
 3. Уступает гидроагрегатам по трехмашинной схеме по маневренности и меньшим на 2...3% КПД, выигрывает в стоимости  
 Верный ответ: Правильный ответ совокупность всех трех вариантов

3.Опишите основные конструкции механизма разворота лопастей ПЛ (поворотной-лопастной) гидротурбины.

Ответы:

1.Рабочее колесо ПЛ гидротурбины состоит из: корпус рабочего колеса; уплотнение лопасти; лопасть; рычаг; серьга; шток; крестовина; поршень; цилиндр сервомотора; конус-обтекатель.

Различают крестовинные и безкрестовинные схемы механизма разворота лопастей, маслозаполненное и безмасляное (экологически чистое) рабочее колесо ПЛ гидротурбины.

2. Механизм разворота лопастей состоит из деталей и узлов при помощи которых на остановленном гидроагрегате можно переустановить лопасти на необходимый по комбинаторной зависимости угол установки.

3. Состав деталей и узлов механизм разворота лопастей зависит от типа гидротурбины.

Верный ответ: Рабочее колесо ПЛ гидротурбины состоит из: корпус рабочего колеса; уплотнение лопасти; лопасть; рычаг; серьга; шток; крестовина; поршень; цилиндр сервомотора; конус-обтекатель. Различают крестовинные и безкрестовинные схемы механизма разворота лопастей, маслозаполненное и безмасляное (экологически чистое) рабочее колесо ПЛ гидротурбины.

4.По каким критериям определяется экологичность рабочего колеса поворотной-лопастной гидротурбины

Ответы:

1. Экологичность рабочего колеса ПЛ турбины определяется механическим воздействием на рыбу, которая может попасть в проточную часть турбины
2. Экологичность рабочего колеса ПЛ турбины определяется уровнем шума и вибрации, которые сопровождают ее работу
3. Экологичность рабочего колеса ПЛ гидротурбины определяется отсутствием (уровнем) протечек масла из втулки рабочего колеса в воду проточного тракта.

Верный ответ: 3. Экологичность рабочего колеса ПЛ гидротурбины определяется отсутствием (уровнем) протечек масла из втулки рабочего колеса в воду проточного тракта.

5.Какие функции выполняет турбинный направляющий подшипник?

Ответы:

1. Воспринимает радиальные усилия и удерживает вал гидротурбины в радиальном направлении
2. Воспринимает радиальные и осевые усилия возникающие на валу гидротурбины при работе гидроагрегата и ограничивает перемещения вала в радиальном и осевом направлении.
3. Воспринимает осевое усилие возникающее на валу гидротурбины при работе гидроагрегата и ограничивает перемещения вала в осевом направлении.

Верный ответ: 1. Воспринимает радиальные усилия и удерживает вал гидротурбины в радиальном направлении

6.С какой целью выполняются модельные испытания гидротурбин?

Ответы:

1. Современные методы расчета элементов гидротурбины не позволяют теоретическим путем достоверно определить геометрию проточной части и лопастных систем, обеспечивающих требуемые энергетические и кавитационные показатели, даже на оптимальных режимах. Тем более трудно рассчитать эти величины при отклонениях от расчетных режимов. С целью проверки энергетические и кавитационные характеристики гидромашины выполняются

испытания на модели, результаты испытаний по критериям подобия пересчитываются для натурной гидромашины.

2. 2. С целью подбора лучшего варианта проточной части гидротурбины.
3. 3. С целью проверки расчетных характеристик экспериментальными данными.

Верный ответ: 1.Современные методы расчета элементов гидротурбины не позволяют теоретическим путем достоверно определить геометрию проточной части и лопастных систем, обеспечивающих требуемые энергетические и кавитационные показатели, даже на оптимальных режимах. Тем более трудно рассчитать эти величины при отклонениях от расчетных режимов. С целью проверки энергетические и кавитационные характеристики гидромашины выполняются испытания на модели, результаты испытаний по критериям подобия пересчитываются для натурной гидромашины.

7.Опишите функции статора гидротурбины.

Ответы:

1. 1. Статор является частью электрического генератора.

2.Статор турбины передает на фундамент здания осевое усилие, возникающее на РК, весовые нагрузки от части бетонного блока здания ГЭС, расположенного выше спиральной камеры, и от массы гидроагрегата. Статор турбины является опорой направляющего аппарата и воспринимает усилия, возникающие от действия давления воды в спиральной камере.

3. Статор гидротурбины является неподвижной фундаментной частью гидротурбины

Верный ответ: Статор турбины передает на фундамент здания осевое усилие, возникающее на РК, весовые нагрузки от части бетонного блока здания ГЭС, расположенного выше спиральной камеры, и от массы гидроагрегата. Статор турбины является опорой направляющего аппарата и воспринимает усилия, возникающие от действия давления воды в спиральной камере.

8.Какие компоновки вертикальных гидроагрегатов вы знаете?

Ответы:

1. 1.Капсульный и обратимый гидроагрегат
2. 2.Зонтичный и подвесной
3. 3. S-образный и проточный

Верный ответ: 2.Зонтичный и подвесной

9.Для каких гидротурбин может быть целесообразно применять конический направляющий аппарат?

Ответы:

- 1.Для радиально-осевых и поворотно-лопастных гидротурбин
- 2.Для диагональных и капсульных гидротурбин
- 3.Для осевых и ковшовых гидротурбин

Верный ответ: 2.Для диагональных и капсульных гидротурбин

10.Из каких соображений выбирается время закрытия предтурбинного затвора установленного перед спиральной камерой гидротурбины

Ответы:

1. 1.Время закрытия предтурбинного затвора должно быть максимально быстрым и определяется быстродействием гидроцилиндров привода заслонки затвора.
- 2.Время закрытия предтурбинного затвора определяться временем закрытия направляющего аппарата гидротурбины.

3.Время закрытия предтурбинного затвора определяться по допустимому значению гидравлического удара в турбинном водоводе.

Верный ответ: 3.Время закрытия предтурбинного затвора определяться по допустимому значению гидравлического удара в турбинном водоводе.

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент ответил на все вопросы правильно и развернуто*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент ответил на большинство вопросов правильно*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания: Студент ответил правильно лишь на половину вопросов или дал крайне поверхностный ответ на большинство вопросов*

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания: 40*

## ***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 экзаменационной составляющих

**Для курсового проекта/работы:**

**2 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

***I. Процедура защиты КП/КР***

Опрос студентов по существу выполняемой работы

***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

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

*Оценка: 2*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

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

Оценка за курсовой проект определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»