

**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

**Рабочая программа дисциплины**  
**ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВАРИЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК**


|  |  |
|--|--|
| <b>Блок:</b>   | Блок 1 «Дисциплины (модули)»                             |
| <b>Часть образовательной программы:</b>                      | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| <b>№ дисциплины по учебному плану:</b>                       | Б4.Ч.02  |
| <b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>                     | 3 семестр - 3;   |
| <b>Часов (всего) по учебному плану:</b>                      | 108 часов  |
| <b>Лекции</b>  | 3 семестр - 32 часа;                                     |
| <b>Практические занятия</b>                                  | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Лабораторные работы</b>                                   | 3 семестр - 16 часов;                                    |
| <b>Консультации</b>  | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| <b>Самостоятельная работа</b>                                | 3 семестр - 59,7 часа;                                   |
| <b>в том числе на КП/КР</b>                                  | не предусмотрено учебным планом                          |
| <b>Иная контактная работа</b>                                | проводится в рамках часов аудиторных занятий             |
| <b>включая:</b><br>Коллоквиум<br>Расчетно-графическая работа |  |
| <b>Промежуточная аттестация:</b>                             |  |
| <b>Зачет</b>   | 3 семестр - 0,3 часа;                                    |

**Москва 2023**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

|   |  |                              |
|---|--|------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |                              |
|   | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |                              |
|   | Владелец   | Трухний А.Д.                 |
|   | Идентификатор                                      | R82147d5a-TrukhnyAD-4832e8f9 |

(подпись)


А.Д. Трухний

(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-OrakhelashvBM-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)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Изучение методов предупреждения аварий и технологических нарушений работы энергетических установок на этапах проектирования, производства, монтажа и эксплуатации.

### Задачи дисциплины

- Знать основные технологические нарушения и аварии паровых турбин и газотурбинных установок.;
- Иметь представление о физических причинах разрушения основных компонентов паровых турбин и газотурбинных установок.;
- Выполнять анализ обстоятельств аварий и определения возможных причин аварий паровых турбин и газотурбинных установок.;
- Принимать и обосновывать конкретные технические решения по предупреждению паровых турбин и газотурбинных установок..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

| Код и наименование компетенции  | Код и наименование индикатора достижения компетенции   | Запланированные результаты обучения   |
|---|--|---|
| УК-1 способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | ИД-1 <sub>УК-1</sub> Выполняет поиск необходимой информации, ее критический анализ и обобщает результаты анализа для решения поставленной задачи | знать:<br>- Принимать и обосновывать конкретные технические решения по предупреждению паровых турбин и газотурбинных установок.;;<br>- Причины возникновения и способы борьбы с каплеударной эрозией лопаточного аппарата.;;<br>- Источники накопления длительных статических и динамических повреждений в роторах паровых турбин.;;<br>- Причины внезапных хрупких разрушений насадных валопроводов паровых турбин и меры борьбы с ними.;;<br>- Источники коррозионно-опасных сред в паротурбинных установках и их влияние на надежность рабочих лопаток паровых турбин..<br><br>уметь:<br>- Анализировать условия и режимы работы рабочих лопаток при коррозионном воздействии.;;<br>- Разрабатывать меры по исключению аварий и повреждений деталей паровых турбин.. |
| ПК-3 Способность использовать знание теоретических основ рабочих процессов в энергетических машинах,                            | ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Использует теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах, аппаратах и установках при                      | знать:<br>- Основные причины аварий паровых турбин..<br><br>уметь:<br>- Определять основные характеристики  |

| Код и наименование компетенции   | Код и наименование индикатора достижения компетенции                           | Запланированные результаты обучения  |
|--|--|--|
| аппаратах и установках при проектировании объектов профессиональной деятельности | проектировании объектов профессиональной деятельности повышенной эффективности | <p>эрозионного износа конструкционных материалов и пассивных способов их защиты, проводить сравнительный анализ их стойкости к каплеударному воздействию с использованием экспериментального моделирования процесса износа.;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Определять основные характеристики абразивного износа конструкционных материалов и пассивных способов их защиты, проводить сравнительный анализ их абразивной стойкости с использованием экспериментального моделирования процесса износа.;</li> <li>- Определять характер разрушения узлов и деталей паровых турбин с оценкой потенциальных причин повреждений.;</li> <li>- Определять напряжения и деформации в рабочих лопатках при различных режимах работы..</li> </ul> |

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к факультативным дисциплинам основной профессиональной образовательной программе Исследование и проектирование автоматизированных гидравлических и пневматических систем, машин и агрегатов (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

| № п/п | Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации  | Всего часов на раздел | Семестр | Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   | Содержание самостоятельной работы/ методические указания  |   |
|-------|---|-----------------------|---------|--|-----|----|--------------|---|-----|----|----|-------------------|-----------------------------------|---|---|
|       |   |                       |         | Контактная работа  |     |    |              |   |     |    | СР |                   |                                   |   |   |
|       |   |                       |         | Лек  | Лаб | Пр | Консультация |   | ИКР |    | ПА | Работа в семестре | Подготовка к аттестации /контроль |   |   |
| КПР   | ГК  | ИККП                  | ТК      |  |     |    |              |   |     |    |    |                   |                                   |   |   |
| 1     | 2   | 3                     | 4       | 5  | 6   | 7  | 8            | 9 | 10  | 11 | 12 | 13                | 14                                | 15  |   |
| 1     | Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений. | 12                    | 3       | 4  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | 8                 | -                                 | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 100-105<br>[2], стр. 610-615<br>[6], стр. 423-425 |   |
| 1.1   | Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений. | 12                    |         | 4  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 8                                 |   | -   |
| 2     | Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней.   | 20                    |         | 4  | 8   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 8                                 | -   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[4], стр. 14-51, стр. 86-110, стр. 115-147<br>[6], стр. 429-433 |
| 2.1   | Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней.   | 20                    |         | 4  | 8   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 8                                 | -   |   |
| 3     | Усталостное разрушение рабочих лопаток.   | 6                     |         | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 4                                 | -   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], стр. 428-445<br>[6], стр. 425-429                          |
| 3.1   | Усталостное разрушение рабочих лопаток.   | 6                     |         | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 4                                 | -   |   |
| 4     | Коррозионная усталость рабочих  | 6                     |         | 2  | -   | -  | -            | - | -   | -  | -  | -                 | 4                                 | -   | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b>  |

|     |   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |  |  |
|-----|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|--|--|
|     | лопаток паровых турбин.   |    |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | [3], стр. 445-455<br>[6], стр. 425-429 |  |
| 4.1 | Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин.                  | 6  | 2 | - | - | - | - | - | - | - | - | 4 | -                                      |  |
| 5   | Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин.   | 20 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | -                                      | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[5], стр. 19-41<br>[6], стр. 429-433   |
| 5.1 | Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин.   | 20 | 4 | 8 | - | - | - | - | - | - | - | 8 | -                                      |  |
| 6   | Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС. | 8  | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | -                                      | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], стр. 471-477<br>[6], стр. 162-188 |
| 6.1 | Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС. | 8  | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | -                                      |  |
| 7   | Внезапные хрупкие разрушения валопроводов.                              | 8  | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | -                                      | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[3], стр. 478-483<br>[6], стр. 433-440 |
| 7.1 | Внезапные хрупкие разрушения валопроводов.                              | 8  | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | -                                      |  |
| 8   | Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС.    | 8  | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | -                                      | <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b><br>[1], стр. 663-668<br>[6], стр. 355-372 |
| 8.1 | Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской          | 8  | 3 | - | - | - | - | - | - | - | - | 5 | -                                      |  |

| ГРЭС. |  |              |           |           |   |   |   |   |   |            |             |   |  |
|-------|--|--------------|-----------|-----------|---|---|---|---|---|------------|-------------|---|--|
| 9     | Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов.                    | 9            | 3         | -         | - | - | - | - | - | -          | 6           | - | <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i><br>[1], стр. 643-648<br>[6], стр. 189-215 |
| 9.1   | Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов.                    | 9            | 3         | -         | - | - | - | - | - | -          | 6           | - |  |
| 10    | Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин. | 10.7         | 4         | -         | - | - | - | - | - | -          | 6.7         | - | <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i><br>[1], стр. 638-641<br>[6], стр. 433-440 |
| 10.1  | Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин. | 10.7         | 4         | -         | - | - | - | - | - | -          | 6.7         | - |  |
|       | Зачет  | 0.3          | -         | -         | - | - | - | - | - | 0.3        | -           | - |  |
|       | <b>Всего за семестр</b>  | <b>108.0</b> | <b>32</b> | <b>16</b> | - | - | - | - | - | <b>0.3</b> | <b>59.7</b> | - |  |
|       | <b>Итого за семестр</b>  | <b>108.0</b> | <b>32</b> | <b>16</b> | - | - | - | - | - | <b>0.3</b> | <b>59.7</b> | - |  |

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### **3.2 Краткое содержание разделов**

#### 1. Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений.

1.1. Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений.

Введение в дисциплину. Практическая классификация отказов паровых и газовых турбин в России и за рубежом. Разрушение замковой рабочей лопатки в турбине К-500-240 ХТЗ. Оценка ущерба от аварии при вылете замковой лопатки ЦВД турбины К-500-240 на Рефтинской ГРЭС. Виды и причины разрушений элементов оборудования..

#### 2. Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней.

2.1. Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней.

Проблема каплеударной эрозии рабочих лопаток последних ступеней мощных паровых турбин (актуальность и причины возникновения, статистика износа, способы пассивной и активной борьбы с износом). Кинетика эрозионного износа (динамика разрушения, теоретические модели процесса износа, факторы, влияющие на интенсивность эрозии)..

#### 3. Усталостное разрушение рабочих лопаток.

3.1. Усталостное разрушение рабочих лопаток.

Усталость рабочих лопаток паровых турбин: ущерб, причины и предупреждение. Усталостное разрушение рабочей лопатки первой ступени ЦНД турбины на Южно-Украинской АЭС. Усталостное разрушение рабочей лопатки последней ступени ЦНД турбины Т-250/300-240 на ТЭЦ-26 Мосэнерго (причины, следствия и практические меры предупреждения)..

#### 4. Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин.

4.1. Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин.

Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин: источники и механизмы концентрирования агрессивных сред, ее причины и предупреждение. Разрушение рабочих лопаток первой ступени промежуточного отсека (22-я ступень) турбины Т-116-12,8 ТМЗ ТЭЦ-16 Мосэнерго (причины, следствия и практические меры предупреждения)..

#### 5. Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин.

5.1. Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин.

Проблема абразивной эрозии лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин (актуальность и причины возникновения, статистика износа, способы пассивной и активной борьбы с износом). Кинетика абразивного износа (динамика разрушения, теоретические модели процесса износа, факторы, влияющие на интенсивность эрозии)..

#### 6. Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС.

6.1. Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС.

Отрыв рабочих лопаток. Излом рабочих лопаток. Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС (статистика повреждений, механизм повреждений, меры предупреждения)..



## 7. Внезапные хрупкие разрушения валопроводов.

### 7.1. Внезапные хрупкие разрушения валопроводов.

Причины и последствия внезапных хрупких разрушений цельнокованых роторов. Критические дефекты и влияние эксплуатационных факторов..

## 8. Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС.

### 8.1. Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС.

Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС. Причины и ход протекания аварий. Методология выяснения причин. Разработка рекомендаций по предотвращению. Авария с разрушением генератора на Рефтинской ГРЭС..

## 9. Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов.

### 9.1. Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов.

Накопление дефектов в металле в процессе эксплуатации при высоких температурах. Исчерпание длительной прочности цельнокованых высокотемпературных роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов. Меры предупреждения..

## 10. Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин.

### 10.1. Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин.

Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин..

## **3.3. Темы практических занятий**

не предусмотрено

## **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Лабораторная работа № 2 «Проведение экспериментальных исследований абразивной стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий»;
2. Лабораторная работа № 1 «Проведение экспериментальных исследований стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий к высокоскоростному каплеударному воздействию».

## **3.5 Консультации**

## **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

| Запланированные результаты обучения по дисциплине<br>(в соответствии с разделом 1)                                       | Коды индикаторов     | Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1) |   |   |   |   |   |   |   |   |    | Оценочное средство (тип и наименование) |   |
|--|----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|---|---|
|  |                      | 1   | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |   |   |
| <b>Знать:</b>  |                      |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   |   |
| Источники коррозионно-опасных сред в паротурбинных установках и их влияние на надежность рабочих лопаток паровых турбин. | ИД-1 <sub>УК-1</sub> | +   |   |   | + |   | + |   |   |   |    |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 4.<br>«Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин».<br><br>Коллоквиум/Коллоквиум № 6.<br>«Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС».             |
| Причины внезапных хрупких разрушений насадных валопроводов паровых турбин и меры борьбы с ними.                          | ИД-1 <sub>УК-1</sub> | +   |   |   |   |   |   |   | + |   |    | +                                       | Коллоквиум/Коллоквиум № 10.<br>«Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин».   |
| Источники накопления длительных статических и динамических повреждений в роторах паровых турбин.                         | ИД-1 <sub>УК-1</sub> |   |   |   |   |   |   |   | + |   |    | +                                       | Коллоквиум/Коллоквиум № 7.<br>«Внезапные хрупкие разрушения валопроводов».<br><br>Коллоквиум/Коллоквиум № 9.<br>«Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов». |
| Причины возникновения и способы борьбы с каплеударной эрозией лопаточного аппарата.                                      | ИД-1 <sub>УК-1</sub> | +   | + |   |   |   |   |   |   |   |    |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 2.<br>«Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней».<br><br>Коллоквиум/Коллоквиум № 5.<br>«Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин».          |
| Принимать и обосновывать конкретные  | ИД-1 <sub>УК-1</sub> | +   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 1.  |

|   |          |   |  |   |   |  |   |  |  |   |   |   |
|---|----------|---|--|---|---|--|---|--|--|---|---|---|
| технические решения по предупреждению паровых турбин и газотурбинных установок.                           |          |   |  |   |   |  |   |  |  |   |   | «Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений».   |
| Основные причины аварий паровых турбин.   | ИД-1ПК-3 | + |  |   |   |  |   |  |  |   |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 3.<br>«Усталостные разрушения рабочих лопаток».<br><br>Коллоквиум/Коллоквиум № 8. «Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС».<br><br>Коллоквиум/Коллоквиум № 9.<br>«Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов». |
| <b>Уметь:</b>   |          |   |  |   |   |  |   |  |  |   |   |   |
| Разрабатывать меры по исключению аварий и повреждений деталей паровых турбин.                             | ИД-1УК-1 | + |  |   |   |  |   |  |  | + | + | Коллоквиум/Коллоквиум № 1.<br>«Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений».   |
| Анализировать условия и режимы работы рабочих лопаток при коррозионном воздействии.                       | ИД-1УК-1 |   |  |   | + |  | + |  |  |   |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 6.<br>«Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС».   |
| Определять напряжения и деформации в рабочих лопатках при различных режимах работы.                       | ИД-1ПК-3 |   |  | + |   |  |   |  |  |   |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 3.<br>«Усталостные разрушения рабочих лопаток».   |
| Определять характер разрушения узлов и деталей паровых турбин с оценкой потенциальных причин повреждений. | ИД-1ПК-3 | + |  |   |   |  |   |  |  |   |   | Коллоквиум/Коллоквиум № 10.<br>«Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин».<br><br>Коллоквиум/Коллоквиум № 7.   |

|   |          |  |   |  |  |   |  |  |  |  |  |   |
|---|----------|--|---|--|--|---|--|--|--|--|--|---|
|   |          |  |   |  |  |   |  |  |  |  |  | «Внезапные хрупкие разрушения валопроводов».<br>Коллоквиум/Коллоквиум № 8. «Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС».   |
| Определять основные характеристики абразивного износа конструкционных материалов и пассивных способов их защиты, проводить сравнительный анализ их абразивной стойкости с использованием экспериментального моделирования процесса износа.                  | ИД-1ПК-3 |  |   |  |  | + |  |  |  |  |  | Расчетно-графическая работа/Защита лабораторной работы № 2 «Проведение экспериментальных исследований абразивной стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий».                                    |
| Определять основные характеристики эрозионного износа конструкционных материалов и пассивных способов их защиты, проводить сравнительный анализ их стойкости к каплеударному воздействию с использованием экспериментального моделирования процесса износа. | ИД-1ПК-3 |  | + |  |  |   |  |  |  |  |  | Расчетно-графическая работа/Защита лабораторной работы № 1 «Проведение экспериментальных исследований стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий к высокоскоростному каплеударному воздействию». |

## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **3 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита лабораторной работы № 1 «Проведение экспериментальных исследований стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий к высокоскоростному каплеударному воздействию». (Расчетно-графическая работа)
2. Защита лабораторной работы № 2 «Проведение экспериментальных исследований абразивной стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий». (Расчетно-графическая работа)
3. Коллоквиум № 1. «Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений». (Коллоквиум)
4. Коллоквиум № 10. «Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин». (Коллоквиум)
5. Коллоквиум № 2. «Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней». (Коллоквиум)
6. Коллоквиум № 3. «Усталостные разрушения рабочих лопаток». (Коллоквиум)
7. Коллоквиум № 4. «Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин». (Коллоквиум)
8. Коллоквиум № 5. «Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин». (Коллоквиум)
9. Коллоквиум № 6. «Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС». (Коллоквиум)
10. Коллоквиум № 7. «Внезапные хрупкие разрушения валопроводов». (Коллоквиум)
11. Коллоквиум № 8. «Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС». (Коллоквиум)
12. Коллоквиум № 9. «Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов». (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Зачет (Семестр №3)*

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ»

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Костюк, А. Г. Динамика и прочность турбомашин : учебник для вузов по направлению "Энергомашиностроение" / А. Г. Костюк . – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007 . – 476 с. - ISBN 978-5-383-00130-1 .;

2. Костюк, А. Г. Паровые турбины и газотурбинные установки для электростанций : учебник для вузов по направлениям "Теплоэнергетика и теплотехника", "Энергетическое машиностроение" / А. Г. Костюк, А. Е. Булкин, А. Д. Трухний ; ред. А. Д. Трухний . – М. : Издательский дом МЭИ, 2018 . – 688 с. - ISBN 978-5-383-01057-0 .;
3. Трухний, А. Д. Теплофикационные паровые турбины и турбоустановки : учебное пособие для вузов по направлению "Энергомашиностроение"; специальностям "Газотурбинные, паротурбинные установки и двигатели", "Котло-и реакторостроение" направления "Энергомашиностроение"; специальностям "Тепловые электрические станции", "Промышленная теплоэнергетика" направления "Теплоэнергетика" / А. Д. Трухний, Б. В. Ломакин . – 2-е изд., стер . – М. : Издательский дом МЭИ, 2006 . – 540 с. - ISBN 5-903072-53-4 .;
4. Перельман, Р. Г. Эрозия элементов паровых турбин / Р. Г. Перельман, В. В. Пряхин . – М. : Энергоатомиздат, 1986 . – 184 с.;
5. Фаддеев, И. П. Эрозия влажнопаровых турбин / И. П. Фаддеев . – Ленинград : Машиностроение, 1974 . – 206 с.;
6. Трухний А.Д. , Изюмов М.А. , Поваров О.А. , Малышенко С. П.- "Современная теплоэнергетика" Т. 1, (5-е изд., стер.), Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2010 - (472 с.)  
[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=72255](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72255).

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SmathStudio.

## 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - [http://biblioclub.ru/index.php?page=main\\_ub\\_red](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
6. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
7. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
8. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
9. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
10. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
11. Журналы American Chemical Society - <https://www.acs.org/content/acs/en.html>
12. Журналы American Institute of Physics - <https://www.scitation.org/>
13. Журналы American Physical Society - <https://journals.aps.org/about>
14. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Тип помещения  | Номер аудитории, наименование | Оснащение   |
|--|-------------------------------|---|
| Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего | П-31, Компьютерный класс      | стол преподавателя, стол учебный, стул, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в |

|   |  |   |
|---|--|---|
| контроля  |  | Интернет, мультимедийный проектор, экран, компьютер персональный, кондиционер                           |
| Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий     | , Вестибюль  | парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая   |
| Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации | В-314/1, Аудитория каф.                                  | стол, стул, тумба, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, холодильник |
| Помещения для самостоятельной работы                      | П-37, Кабинет сотрудников каф. ПГТ (проф. Зарянкин А.Е.) |   |
| Помещения для консультирования                            | П-28, Комната для самостоятельных занятий студентов      |   |
|   | П-24а, Кабинет заведующего кафедрой                      |   |
|   | , Вестибюль  |   |
| Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря  | , Склад "ПГТ"  |   |

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

### Предупреждение аварий энергетических установок

(название дисциплины)

#### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Коллоквиум № 1. «Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений». (Коллоквиум)
- КМ-2 Коллоквиум № 2. «Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней». (Коллоквиум)
- КМ-3 Коллоквиум № 3. «Усталостные разрушения рабочих лопаток». (Коллоквиум)
- КМ-4 Коллоквиум № 4. «Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин». (Коллоквиум)
- КМ-5 Коллоквиум № 5. «Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин». (Коллоквиум)
- КМ-6 Коллоквиум № 6. «Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС». (Коллоквиум)
- КМ-7 Коллоквиум № 7. «Внезапные хрупкие разрушения валопроводов». (Коллоквиум)
- КМ-8 Коллоквиум № 8. «Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС». (Коллоквиум)
- КМ-9 Коллоквиум № 9. «Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов». (Коллоквиум)
- КМ-10 Коллоквиум № 10. «Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин». (Коллоквиум)
- КМ-11 Защита лабораторной работы № 1 «Проведение экспериментальных исследований стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий к высокоскоростному каплеударному воздействию». (Расчетно-графическая работа)
- КМ-12 Защита лабораторной работы № 2 «Проведение экспериментальных исследований абразивной стойкости лопаточных материалов и защитных покрытий». (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Зачет.**

| Номер раздела | Раздел дисциплины   | Индекс КМ: | К М-1 | К М-2 | К М-3 | К М-4 | К М-5 | К М-6 | К М-7 | К М-8 | К М-9 | К М-10 | К М-11 | К М-12 |
|---------------|---|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
|               |   | Неделя КМ: | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10     | 11     | 12     |
| 1             | Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений. |            |       |       |       |       |       |       |       |       |       |        |        |        |



|     |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1.1 | Классификация отказов паровых и газовых турбин. Оценка ущерба от аварий. Виды и причины разрушений. | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + |   |   |
| 2   | Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней.   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 2.1 | Каплеударная эрозия рабочих лопаток влажнопаровых ступеней.   |   | + |   |   | + |   |   |   |   |   | + |   |
| 3   | Усталостное разрушение рабочих лопаток.   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 3.1 | Усталостное разрушение рабочих лопаток.   |   |   | + |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4   | Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 4.1 | Коррозионная усталость рабочих лопаток паровых турбин.  |   |   |   | + |   | + |   |   |   |   |   |   |
| 5   | Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин.                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| 5.1 | Абразивный износ лопаточного аппарата первых ступеней паровых турбин.                               |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   | + |
| 6   | Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС.                             |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|     |  |   |  |  |   |  |   |   |  |   |  |   |  |
|-----|--|---|--|--|---|--|---|---|--|---|--|---|--|
| 6.1 | Коррозионное растрескивание хвостовиков рабочих лопаток ЦНД турбин АЭС.                              |   |  |  | + |  | + |   |  |   |  |   |  |
| 7   | Внезапные хрупкие разрушения валопроводов.   |   |  |  |   |  |   |   |  |   |  |   |  |
| 7.1 | Внезапные хрупкие разрушения валопроводов.   |   |  |  |   |  |   | + |  | + |  | + |  |
| 8   | Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС.                                 |   |  |  |   |  |   |   |  |   |  |   |  |
| 8.1 | Авария с полным разрушением турбоагрегата К-300-23,5 Каширской ГРЭС.                                 | + |  |  |   |  |   |   |  |   |  |   |  |
| 9   | Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов.      |   |  |  |   |  |   |   |  |   |  |   |  |
| 9.1 | Исчерпание длительной прочности роторов в процессе эксплуатации. Термическая усталость роторов.      | + |  |  |   |  |   |   |  |   |  |   |  |
| 10  | Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения |   |  |  |   |  |   |   |  |   |  |   |  |

|            |  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
|------------|--|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|
|            | валов турбин.  |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |    |    |
| 10.1       | Коррозионное растрескивание дисков ЦСД и ЦНД роторов теплофикационных турбин. Усталостные разрушения валов турбин. |   |   |   |   |   |   | + |   | + | + |    |    |
| Вес КМ, %: |  | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 25 | 25 |