

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Расчет на прочность элементов оборудования атомной промышленности

Код модуля
1163786(1)

Модуль
Расчет и конструирование оборудования атомной
промышленности

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

| № п/п | Фамилия, имя, отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|-------|------------------------------|--|---------------------|--|
| 1 | Морданов Сергей Вячеславович | кандидат технических наук, без ученого звания | Доцент | машин и аппаратов химических и атомных производств |
| 2 | Хомяков Анатолий Павлович | доктор технических наук, старший научный сотрудник | Заведующий кафедрой | машин и аппаратов химических и атомных производств |

Согласовано:

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

Авторы:

- **Морданов Сергей Вячеславович, Доцент, машин и аппаратов химических и атомных производств**
- **Хомяков Анатолий Павлович, Заведующий кафедрой, машин и аппаратов химических и атомных производств**

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Расчет на прочность элементов оборудования атомной промышленности

| | | | |
|----|--------------------------------------|----------------------------------|---|
| 1. | Объем дисциплины в зачетных единицах | 3 | |
| 2. | Виды аудиторных занятий | Практические/семинарские занятия | |
| 3. | Промежуточная аттестация | Зачет | |
| 4. | Текущая аттестация | Реферат | 1 |

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Расчет на прочность элементов оборудования атомной промышленности

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

| Код и наименование компетенции | Планируемые результаты обучения (индикаторы) | Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине |
|--|---|---|
| 1 | 2 | 3 |
| ПК-18 -Способность производить расчеты на прочность оборудования атомной отрасли | З-1 - Демонстрировать знание основополагающих понятий и основ физики напряженного состояния элементов емкостного оборудования атомной промышленности З-2 - Демонстрировать знание нормативных методов расчета на прочность деталей оборудования атомной и химической промышленности П-1 - Иметь навыки выбора материалов для элементов конструкций и оборудования производства и переработки ядерного топлива | Зачет Практические/семинарские занятия Реферат |

| | | |
|--|---|--|
| | <p>П-2 - Иметь опыт использования пакетов прикладных программ при конструировании емкостного оборудования атомной промышленности</p> <p>П-3 - Иметь навыки использования методов поверочных расчетов отдельных узлов и деталей оборудования атомных производств</p> <p>П-4 - Иметь навыки проектирования основных узлов оборудования атомных производств</p> <p>У-1 - Использовать нормативные документы (нормы и правила, ГОСТы и ОСТы, ПНАЭ);</p> <p>У-2 - Выбирать материалы для заданных условий эксплуатации с учётом требований технологичности, экономичности, надёжности и долговечности изделий, применяемых в атомной промышленности</p> <p>У-3 - Уметь выполнять расчеты на прочность, жесткость и долговечность узлов и деталей оборудования атомной промышленности при различных видах нагружения, предусмотренных нормативными методиками расчета атомной промышленности и смежных отраслей</p> | |
|--|---|--|

3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – не предусмотрено

| | | |
|---|---------------------------------|------------------------------|
| Текущая аттестация на лекциях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – не предусмотрено | | |
| Промежуточная аттестация по лекциям – нет Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – не предусмотрено | | |
| 2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 1 | | |
| Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| <i>реферат</i> | 17 | 50 |
| <i>проверка конспектов</i> | 17 | 20 |
| <i>работа на занятиях</i> | 17 | 30 |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.4 | | |
| Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– зачет Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.6 | | |
| 3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –не предусмотрено | | |
| Текущая аттестация на лабораторных занятиях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено | | |
| Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям – нет Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено | | |
| 4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено | | |
| Текущая аттестация на онлайн-занятиях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено | | |
| Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям – нет Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено | | |

3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

| | | |
|---|---------------------------------|------------------------------|
| Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено | | |
| Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено | | |

4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

| Результаты обучения | Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам |
|---------------------|--|
| Знания | Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью. |
| Умения | Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью. |
| Опыт /владение | Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов. |
| Другие результаты | Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения. |

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

| Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов) | | |
|--|--|------------------|
| № п/п | Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов | Шкала оценивания |
| | | |

| | обучения (выполненное оценочное задание) | Традиционная характеристика уровня | | Качественная характеристика уровня |
|----|--|--|------------|---|
| 1. | Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет | Отлично (80-100 баллов) | Зачтено | Высокий (В) |
| 2. | Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения | Хорошо (60-79 баллов) | | Средний (С) |
| 3. | Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания | Удовлетворительно (40-59 баллов) | | Пороговый (П) |
| 4. | Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка | Неудовлетворительно но (менее 40 баллов) | Не зачтено | Недостаточный (Н) |
| 5. | Результат обучения не достигнут, задание не выполнено | Недостаточно свидетельств для оценивания | | Нет результата |

5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

5.1.1. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Проектирование объектов использования атомной энергии. Основные конструкционные материалы оборудования атомной энергетики и радиохимических производств
2. Дополнительные факторы износа, связанные с воздействием радиоактивных материалов
3. Вывод основных уравнений равновесия безмоментной и моментной теории оболочек и теории изгиба пластин
4. Частные решения уравнений равновесия элемента и зоны. Связь положений теорий равновесия оболочек и нормативных методик расчета оборудования
5. Проектные нормы атомной энергетики. Основные положения. Виды нагружения. Коэффициенты запаса. Режимы работы оборудования
6. Указания к расчетам узлов и элементов оборудования, не предусмотренным проектными нормами
7. Расчет обечаек и выпуклых и плоских днищ
8. Расчет узлов сопряжения корпусных элементов с различной кривизной меридиана
9. Укрепление отверстий в обечайках и днищах
10. Нормативный расчет фланцев на прочность и герметичность
11. Расчет кожухотрубных аппаратов
12. Расчет на прочность несущих элементов при воздействии опорных нагрузок

13. Расчет на прочность и устойчивость в условиях циклического нагружения
 14. Расчет на прочность, жесткость и устойчивость в условиях вибрационной нагрузки
 15. Расчет на прочность, жесткость и устойчивость в условиях сейсмических воздействий
 16. Расчет на прочность в условиях прогрессирующего формоизменения
 17. Приложение метода конечных элементов к задачам прочности. Матрица жесткости
 18. Современные программные средства моделирования задач напряженного состояния
- Примерные задания

1. Рассчитать напряжения в узле сопряжения цилиндрической и конической обечаяк с заданными геометрическими размерами. Выполнить проверку прочности узла сопряжения по лимитирующим напряжениям.

2. Рассчитать размеры укрепляющего накладного кольца для укрепления одиночного отверстия под штуцер заданного диаметра на несущем элементе (цилиндрической или конической обечайке, эллиптическом днище) заданных размеров, находящемся под воздействием заданного внутреннего избыточного давления.

3. Рассчитать размеры элементов укрепления и перемычки для укрепления ряда взаимно влияющих отверстий под штуцеры заданного диаметра на несущем элементе (цилиндрической или конической обечайке, эллиптическом днище) заданных размеров, находящемся под воздействием заданного внутреннего избыточного давления.

4. По заданной нагруженной массе подобрать стандартизированные опорные лапы, для опирания вертикального реактора, работающего под действием внутреннего избыточного давления. Рассчитать местные напряжения в узле опирания. Выполнить проверку прочности несущего элемента. При необходимости определить размеры подкладного листа.

5. Определить критическую скорость быстроходного вала по заданным геометрическим размерам, физико-механическим свойствам материала вала и схеме опирания вала.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Реферат

Примерный перечень тем

1. Напряженное состояние и нормативный расчет на прочность фланцевого соединения в условиях прогрессирующего формоизменения

2. Напряженное состояние основных узлов подогревателей низкого давления

3. Факторы, приводящие к потере устойчивости основных элементов технологического оборудования

4. Напряженное состояние технологического оборудования в условиях сейсмических нагрузок

5. Циклические нагрузки, усталостная прочность, физика малоцикловой и многоцикловой усталости

6. Анализ причин возникновения аварийного состояния технологического оборудования

7. Дополнительные факторы износа, связанные с воздействием α -излучения на основные узлы технологического оборудования

8. Результаты расчета на прочность методом конечных элементов подогревателя высокого давления

Примерные задания

Тема реферата: Напряженное состояние и нормативный расчет на прочность фланцевого соединения в условиях прогрессирующего формоизменения.

Содержание:

1. Напряженное состояние элементов фланцевого соединения.
 2. Работа фланцевого соединения в условиях циклического нагружения.
 3. Прогрессирующее формоизменение в условиях циклических температурных нагрузок.
 4. Нормативный расчет по ПНАЭ Г.7.002-86.
- Примерный объем 15-20 страниц.

LMS-платформа – не предусмотрена

5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Нормативная документация по расчету на прочность емкостного оборудования атомной энергетики, радиохимических производств и смежных производственных отраслей
2. Двухосное и трехосное напряженные состояния оболочек и пластин. Стесненные и нестесненные деформации и соответствующие им напряжения
3. Основные допущения безмоментной теории оболочек и теории изгиба тонких пластин
4. Уравнения равновесия элемента и зоны оболочки
5. Виды активных нагрузок, предусмотренные нормативными методиками расчета
6. Допустимые напряжения. Выбор и расчет допустимых напряжений
7. Режимы работы оборудования в соответствии проектными нормами атомной энергетики
8. Факторы, снижающие прочность конструкции и их учет в нормативных методиках расчета
9. Дополнительные факторы снижения прочности конструкций, связанные с воздействием радиоактивности. Дополнительные факторы снижения прочности конструкций, связанные с воздействием радиоактивности
10. Нормативный расчет обечаяк и выпуклых днищ
11. Краевые реакции, возникающие в местах сопряжения оболочек. Методики определения краевой силы и краевого момента
12. Укрепление отверстий в обечайках и днищах. Теоретические основы методика расчета укрепляющих элементов
13. Нормативный расчет фланцев на прочность и герметичность

14. Влияние тепловых нагрузок на прочность и герметичность фланцевых соединений
 15. Причины возникновения дополнительных осевых сил в системе «кожух – трубный пучок». Влияние температуры и давления на дополнительные осевые силы, возникающие в трубках и кожухе
 16. Расчет на прочность и устойчивость кожуха и трубок теплообменного аппарата
 17. Напряжения в стенке толстостенной обечайки. Напряжения, вызванные изменением температуры стенки. Напряжения, вызванные внешними нагрузками.
 18. Характер изменения меридиональных, кольцевых и радиальных напряжений в стенках толстостенных аппаратов
 19. Толстостенные сосуды и аппараты. Общие положения. Расчет допустимых напряжений. Расчет коэффициентов ослабления сварных швов
 20. Расчет на прочность несущих элементов при воздействии опорных нагрузок
 21. Собственные частоты колебания конструкции и ее элементов и детерминирующие частоты колебаний. Резонансные вибрационные явления
 22. Критические частоты колебаний. Жесткие и гибкие конструкции
 23. Жесткость, прочность и виброустойчивость конструкций. Нормативный расчет на прочность в условиях вибрационных нагрузок
 24. Циклическое нагружение аппаратов. Циклы и нагружения. Допустимые колебания силовых и термических нагрузок в рамках одного цикла нагружения
 25. Нормативный расчет на прочность в условиях длительной циклической нагрузки и в условиях малоциклового усталости
 26. Расчет на прочность в условиях сейсмических нагрузок
 27. Явления прогрессирующего формоизменения, причины возникновения прогрессирующего формоизменения
 28. Нормативный расчет на прочность в условиях прогрессирующего формоизменения
 29. Численные методы решения задач прочности. Метод конечных элементов.
- Уравнение равновесия элемента. Матрица жесткости элемента
- LMS-платформа
1. Причины возникновения локальных напряжений

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направления воспитательной деятельности сопрягаются со всеми результатами обучения компетенций по образовательной программе, их освоение обеспечивается содержанием всех дисциплин модулей.