

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ
Компрессоры**

Код модуля
1156566

Модуль
Оборудование газокompрессорных станций

Екатеринбург

Оценочные материалы составлены автором(ами):

| № п/п | Фамилия, имя, отчество | Ученая степень, ученое звание | Должность | Подразделение |
|--------------|-------------------------------|--------------------------------------|------------------|----------------------|
| 1 | Блинов Виталий Леонидович | кандидат технических наук, доцент | Доцент | турбин и двигателей |

Согласовано:

Управление образовательных программ

И.И. Кашуба

Авторы:

- Блинов Виталий Леонидович, Доцент, турбин и двигателей

1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Компрессоры

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

2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Компрессоры

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 |
| ОПК-7 -Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, контролировать количественные и качественные показатели получаемой продукции, показатели энерго- и ресурсоэффективности и производственного цикла и продукта, осуществлять метрологическое обеспечение | З-1 - Объяснить принцип действия основного технологического оборудования З-4 - Перечислить основные показатели энерго и ресурсоэффективности производственной деятельности П-1 - Поддерживать в процессе производственной эксплуатации заданные режимы технологических операций и параметры работы необходимого оборудования, обеспечивающие производительность и качество получаемой продукции У-3 - Анализировать неполадки технологического оборудования, устанавливать | Зачет Практические/семинарские занятия Расчетная работа |

| | | |
|---|--|---|
| <p>производственной деятельности</p> | <p>их причины и определять способы их устранения У-5 - Оценивать с использованием показателей энерго- и ресурсоэффективности параметры производственного цикла и продукта и анализировать отклонения</p> | |
| <p>ПК-6 -Способен выполнять экспериментальные исследования и испытания турбоустановок, проводить измерения физических величин, а также разработку технических заданий инженерных проектов</p> | <p>З-5 - Изложить теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках З-6 - Перечислить типовые конструкции основного и вспомогательного оборудования и компоновки энергоустановок, и изложить основы их эксплуатации З-8 - Характеризовать типовые методики расчета оборудования газотурбинных газоперекачивающих агрегатов, компрессоров, конвертированных двигателей и вспомогательного оборудования П-11 - Выполнять расчеты по выбору и обоснованию оптимальных режимов работы турбоустановок П-6 - Иметь практический опыт проведения испытаний и/или исследований по заданному алгоритму У-10 - Определять техническое состояние турбоустановок У-11 - Пользоваться принятыми в отрасли методами расчетов, графическими пакетами, базами данных, обеспечивающими проектирование и эксплуатацию энергетических машин У-5 - Проводить численные и экспериментальные исследования турбомашин по заданному алгоритму У-8 - Принимать правильные решения при отклонении работы оборудования</p> | <p>Зачет Лекции Практические/семинарские занятия Расчетная работа Реферат</p> |

| | | |
|---|--|----------------------------|
| | энергоустановок от нормальных режимов | |
| ПК-11 -Способен давать оценку технологических рисков при внедрении новых технологий, осуществлять контроль за изменениями в мировой практике с точки зрения инноваций в энергетике и газовой промышленности | 3-4 - Сделать обзор основных тенденций и перспектив в развитии технологий энергетических машин и установок | Зачет Лекции Реферат |

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 – 0.4 | | |
| Текущая аттестация на лекциях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| <i>реферат</i> | 7,8 | 100 |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5 | | |
| Промежуточная аттестация по лекциям – зачет | | |
| Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5 | | |
| 2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.6 | | |
| Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях | Сроки – семестр, учебная неделя | Максимальная оценка в баллах |
| <i>Расчетная работа</i> | 7,14 | 100 |
| Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– 1 | | |
| Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет | | |
| Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено | | |
| 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 | | |

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 обучения (выполненное оценочное задание) | Шкала оценивания | | |
| | | 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 (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. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Построение треугольников скоростей для различных типов осевых компрессорных ступеней.

2. Построение треугольников скоростей для различных типов радиальных компрессорных ступеней.

3. Нахождение КПД цикла при различных конструктивных вариантах многоступенчатых компрессоров.
 4. Распределение параметров компрессора по ступеням.
 5. Приведение параметров компрессора к нормальным физическим условиям при испытаниях и проектировании, анализ результатов испытаний.
 6. Изучение вариантов конструкций осевых и центробежных компрессоров.
- LMS-платформа
1. не предусмотрено

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

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

Базовый

5.2.1. Расчетная работа

Примерный перечень тем

1. Расчет многоступенчатого осевого компрессора по среднему диаметру.

Примерные задания

Выдаются параметры осевого/центробежного компрессора. Происходит процесс формирования технического задания (уточняется назначение двигателя, требования по долговечности, ширине диапазона и т.д.). Далее в группах по 2-3 человека производятся вариантные расчёты. В качестве вариантов исследуется разное количество ступеней, разные законы распределения параметров по высоте, различное распределение нагрузки между ступенями. Затем ставится задача профилирования и проведения численного исследования. Результатом работы является расчётная характеристика компрессора и распределение ключевых параметров, полученное с помощью численного моделирования.

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.2.2. Реферат

Примерный перечень тем

1. Теория компрессоров.
2. Вопросы проектирования компрессоров.
3. Вопросы изготовления компрессоров.

Примерные задания

1. Уравнение состояния идеального и реального газа. Коэффициент сжимаемости. Критические параметры газа. Информация о воздухе и природном газе.
2. Осевые, центробежные, винтовые, поршневые и т.д. компрессоры в газотранспортной отрасли. Область применения. Преимущества и недостатки.
3. Основные уравнения турбомашин.
4. Пограничный слой. Структура пограничного слоя. Ламинарный и турбулентный пограничный слой. Отрыв пограничного слоя с поверхности (на примере лопатки).
5. Уравнение Эйлера. Описание. Доказательство.
6. Понятия энтальпия и энтропия.

7. Процесс сжатия воздуха в ОК в $h-s$, $T-S$ и $P-V$ диаграммах. Описание процесса сжатия.

1. Законы закрутки. Описание применяемых законов. Форма треугольников скоростей ступени осевого компрессора.

2. Уравнение радиального равновесия.

3. Сверхзвуковое течение в ступени ОК. Скачки уплотнения.

4. Плоская решетка профилей ОК. Семейства профилей. Формы профилей.

Характеристики.

5. Силы, действующие на профиль. Пример с крыловым профилем. Пример с профилем лопатки ОК. Линии тока.

1. Прочность лопаточного аппарата ОК. Статические и динамические воздействия.

2. Технология изготовления лопаточного аппарата ОК.

LMS-платформа

1. не предусмотрено

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

5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Из каких процессов состоит процесс сжатия воздуха в турбокомпрессоре?

2. Какие кинематические параметры ступени осевого компрессора вы можете назвать?

Что влияет на их выбор?

3. Какие геометрические параметры ступени осевого компрессора вы можете назвать?

Что влияет на их выбор?

4. Опишите распределение параметров вдоль профиля лопатки. Нарисуйте характерное распределение скоростей вдоль профиля компрессорной решётки.

5. Опишите распределение параметров по высоте ступени. Укажите особенности проектирования и физические причины перераспределения потока по высоте.

6. Изобразите схематично характеристику плоской диффузорной решётки. Какие параметры влияют на ширину диапазона устойчивой работы и величину потерь на номинальном режиме?

7. Нарисуйте процесс сжатия воздуха в ступени ОК в $h-s$ диаграмме. Обозначьте основные величины. Как определяется КПД процесса сжатия?

8. Изобразите схематично характеристику осевого компрессора в координатах расход-напор и КПД-напор. На характеристике расход-напор покажите границу устойчивой работы.

9. Нарисуйте схему измерений при испытаниях осевого компрессора с целью построения его расходно-напорной характеристики.

10. Какие характерные формы проточной части используются при проектировании осевых компрессоров? Опишите их преимущества и недостатки.

11. Опишите распределение параметров вдоль проточной части. Как изменяются по ступеням степень повышения полного давления в ступени, расходная составляющая скорости? Объясните причины этих изменений.

12. Каким образом трение о меридиональные обводы (элементы корпуса и ротора) влияет на профиль расходной составляющей скорости? Нарисуйте принципиальную эпюру расходной скорости на входе в компрессор и на входе в последнюю ступень компрессора. Как это отражается на профилировании лопаточного аппарата?
13. Опишите механизм появления вращающегося срыва. В каком направлении будет распространяться срывная область и от чего зависят её размеры?
14. В какой области по высоте ступени (корень или периферия) более вероятно образование вращающегося срыва?
15. Помпаж компрессора. Является ли режим помпажа стационарным явлением? Какие характерные стадии могут наблюдаться при помпаже компрессора? Покажите эти точки на характеристике расход-напор.
16. Особенности работы компрессора при наличии отрывных течений и приближения к границе устойчивой работы. По каким причинам работа компрессора на таких режимах не желательна?
17. Защита от помпажа. Назовите способ ухода от помпажного режима. Назовите параметры, которые контролируются при эксплуатации, на основании которых можно судить о приближении к границе устойчивости?
18. Опишите принцип совместной работы ступеней нерегулируемого ОК.
19. Обоснуйте необходимость регулирования компрессора на переменных режимах. В чём заключается принцип перепуска воздуха в ОК?
20. Обоснуйте необходимость регулирования компрессора на переменных режимах. В чём заключается принцип использования поворотных лопаток направляющих аппаратов? Постройте принципиальную характеристику в координатах расход-напор для полностью открытого и полностью закрытого РВНА.
21. Обоснуйте необходимость регулирования компрессора на переменных режимах. В чём заключается принцип использования двухкаскадных и многокаскадных схем? Изобразите конструктивную схему работы двухкаскадного компрессора.
22. Обоснуйте необходимость применения уплотнений в проточной части и смежных узлах осевого компрессора. Какие рабочие среды участвуют в этом процессе? Чем отличаются уплотнения деталей подвижных и неподвижных относительно друг друга?
23. Объясните причину появления осевого усилия на лопаточный аппарат и ротор компрессора. В какой период времени осевое усилие может существенно возрастать? Почему?
24. Объясните конструкцию поворотных направляющих лопаток. В чём преимущества и недостатки использования ПНА?
25. В каких целях может быть использован отбор воздуха из проточной части ОК? Как он может быть организован?
26. Каким образом воздействие центробежных сил на рабочие лопатки первых ступеней может отразиться на изменении расхода относительно расчётного значения?
27. Назовите элементы, являющиеся сетью для осевого компрессора.
28. Каким образом влияет изменение сопротивления фильтров КВОУ на работу компрессора?
29. Каким образом на работу ОК влияет повышение температуры на входе в турбину?
30. Приведение параметров ОК. Каким образом производится приведение параметров и для чего?

31. Загрязнение проточной части. Объясните причины износа и заноса элементов проточной части ОК при попадании загрязняющих веществ в компрессор. Объясните принцип воздействия крупных и мелких загрязняющих частиц.

32. Назовите принципы очистки лопаточного аппарата компрессора. На каких режимах/этапах ремонта могут быть использованы те или иные способы?

33. Объясните причину попадания масла в проточную часть и способы борьбы с этим.

34. Радиальные зазоры. Назовите причины увеличения зазоров и способы борьбы с этим.

LMS-платформа

1. не предусмотрено

5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

| Направление воспитательной деятельности | Вид воспитательной деятельности | Технология воспитательной деятельности | Компетенция | Результаты обучения | Контрольно-оценочные мероприятия |
|---|---------------------------------|--|-------------|---------------------|----------------------------------|
| Формирование социально-значимых ценностей | профориентационная деятельность | Технология самостоятельной работы | ПК-6 | 3-6 | Практические/семинарские занятия |