



Федеральное агентство по рыболовству
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Калининградский государственный технический университет»
(ФГБОУ ВО «КГТУ»)
Балтийская государственная академия рыбопромыслового флота

УТВЕРЖДАЮ
Начальник УРОПС

Фонд оценочных средств
(приложение к рабочей программе модуля)
«СУДОВЫЕ ТУРБОМАШИНЫ»

основной профессиональной образовательной программы специалитета
по специальности

26.05.06 ЭКСПЛУАТАЦИЯ СУДОВЫХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Специализация
«ЭКСПЛУАТАЦИЯ ГЛАВНОЙ СУДОВОЙ ДВИГАТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ»

ИНСТИТУТ
РАЗРАБОТЧИК

Морской
Кафедра судовые энергетические установки

1 РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с установленными индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Дисциплина	Результаты обучения (владения, умения и знания), соотнесенные с компетенциями/индикаторами достижения компетенции
ПК-4: Способен осуществлять техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования	ПК-4.2: Осуществляет выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов	Судовые турбомашины	<p><u>Знать:</u> Основные причины выхода из строя турбомашин, турбокомпрессоров. Вопросы эксплуатации, обнаружения неисправностей в работе технических средств системы наддува ДВС, порядок технического обслуживания и ремонта.</p> <p><u>Уметь:</u> Выполнять разборную, безразборную очистку и ремонт турбомашин, технических средств системы наддува ДВС.</p> <p><u>Владеть:</u> Навыками выполнения текущего ремонта, выбора оборудования для замены элементов, узлов турбокомпрессоров и выполнения плановых осмотров и ТО.</p>

2 ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ) И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

2.1 Для оценки результатов освоения дисциплины используются:

- оценочные средства текущего контроля успеваемости;
- оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине.

2.2 К оценочным средствам текущего контроля успеваемости относятся:

- тестовые задания;
- задания по темам практических занятий;
- задания и контрольные вопросы по лабораторным работам.

2.3 К оценочным средствам для промежуточной аттестации по дисциплине, проводимой в форме экзамена, относятся:

- задания по курсовым работам;
- экзаменационные вопросы по дисциплине.

3 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ

3.1 Оценочные средства по практическим занятиям

Темы и типовые задания для практических занятий представлены в Приложении № 1.

Показатели оценивания освоения материала по практическим занятиям представлены в таблице 2

Таблица 2 - Шкала оценивания освоения материала практических занятий.

Оценка и критерии	Минимальный ответ Оценка «2»	Раскрытый ответ Оценка «3»	Полный ответ Оценка «4»	Образцовый, примерный ответ Оценка «5»
Раскрытие материала	Теоретический материал по теме ПЗ не раскрыт, конструктивные сведения турбокомпрессоров освещены формально. Последовательность разборки и сборки турбокомпрессора не освоена. Отсутствуют причинно-следственные связи между степенью загрязнения и эксплуатационными факторами.	Теоретические сведения по конструкции турбокомпрессоров описаны настолько слабо, что их трудно связать с правильной их эксплуатацией. Аварийные параметры эксплуатации механизмов названы с ошибками. Последовательность разборки и сборки турбокомпрессора нарушена. Имеет представление о причинах загрязнения турбомашин.	В целом все теоретические вопросы темы раскрыты. Однако есть неточности в назначении отдельных узлов турбокомпрессора и несколько нарушен приоритет контроля параметров в процессе эксплуатации.	Теоретические вопросы темы освещены полностью. Конструкция турбокомпрессоров, принцип действия, порядок эксплуатации и контроль за параметрами освоен. Имеет четкие представления о причинах загрязнения турбомашин и влияние на рабочие параметры ДВС.
Наличие выводов и их полнота содержания	Выводы по влиянию эксплуатационных и внешних факторов на параметры турбокомпрессора отсутствуют.	Выводы по влиянию эксплуатационных и внешних факторов на параметры турбокомпрессора имеются, но нет привязки к конструкции и параметрам ДВС.	Выводы по влиянию эксплуатационных и внешних факторов на параметры турбокомпрессора имеются, но нет систематизации контроля параметров ДВС.	Выводы по влиянию эксплуатационных и внешних факторов на параметры турбокомпрессора и привязка к конструкции имеются, контроль параметров систематизирован.

Все практические занятия имеют одинаковую структуру и проводятся в соответствии с заданиями и контрольными вопросами.

3.2 Оценочные средства по выполнению лабораторных работ

Темы и задания для лабораторных работ представлены в Приложении № 2.

Допуск к каждой лабораторной работе осуществляется после прохождения программного тестирования по теме занятия. Курсант (студент) должен пройти тест, включающий в

себя 5 вопросов в программной оболочке «Графит». К каждому заданию предлагается от трех до пяти вариантов ответа один или несколько из которых является правильным. В тестовых вопросах, где несколько вариантов правильных ответов в скобках указано «несколько вариантов правильного ответа». Полученная оценка выводится автоматически в зависимости от величины % правильных ответов. Курсант (студент), получивший выше «3» допускается к выполнению лабораторных работ. В случае получения оценки ниже «3» не допускается к выполнению работы, ему назначается срок и место повторного тестирования.

Шкала оценивания по лабораторным работам представлена в таблице 3.

Таблица 3 - Шкала оценивания при защите отчета по лабораторным занятиям.

Оценка и критерии	Минимальный ответ Оценка «2»	Раскрытый ответ Оценка «3»	Полный ответ Оценка «4»	Образцовый, примерный ответ Оценка «5»
Раскрытие материала	Материал не раскрыт, теоретические сведения освещены формально. Результаты эксперимента (исследования) отсутствуют. Нет четкого представления различия конструктивных особенностей главных и вспомогательных турбомашин. Нет ясного понимания применения технического оборудования и инструментов.	Теоретические сведения описаны настолько слабо, что их трудно принять для проведения исследования. Результаты эксперимента (исследования) имеют ошибки. Не все разделы отчета имеются. Слабые представления о конструктивных эксплуатационных особенностях главных, вспомогательных турбомашин и оборудования, инструментов.	В целом все разделы отчета раскрыты. Расчеты проведены правильно. Отсутствуют примеры использования инструментов и оборудования по разборке и сборке турбокомпрессоров. Имеются представления различия конструктивных и эксплуатационных особенностей главных и вспомогательных турбомашин.	Все разделы отчета раскрыты полностью, расчеты исследований проведены правильно. Имеется четкое представление различия конструктивных и эксплуатационных особенностей главных и вспомогательных турбомашин. Полное понимание применения технического оборудования и инструментов.
Наличие выводов и их полнота содержания	Выводы отсутствуют.	Выводы имеются, но не обоснованы и не вытекают из результатов выполнения работ и исследования.	Выводы имеются, но не все обоснованы.	Выводы полные и соответствуют поставленным целям лабораторных работ.

Оценка и критерии	Минимальный ответ Оценка «2»	Раскрытый ответ Оценка «3»	Полный ответ Оценка «4»	Образцовый, примерный ответ Оценка «5»
Оформление отчета	Отчет представлен с грубейшими нарушениями по оформлению, имеется значительное количество орфографических, стилистических ошибок. Не использованы информационные технологии.	Отчет представлен с многочисленными недочетами в оформлении, ошибками в представляемой информации. Используются информационные технологии.	Имеются некоторые отступления от требований, изложенных в методических указаниях, которые не портят общего впечатления об отчете.	Отчет оформлен согласно требованиям, изложенным в методических указаниях. Широко использованы информационные технологии.
Ответы на вопросы	Нет ответов на вопросы.	Только ответы на элементарные вопросы.	Ответы на вопросы полные и/или частично полные.	Ответы на вопросы полные с приведением примеров и/или пояснений.

3.3 Тестовые задания по дисциплине

Тестовые задания предназначены для оценки знаний и умений, приобретенных при изучении дисциплины. Кроме того, представленные ниже тестовые задания могут быть использованы для проверки остаточных знаний.

Тестовые задания представлены в Приложении № 3.

К каждому заданию предлагается от трех до пяти вариантов ответа один или несколько из которых является правильным. В тестовых вопросах, где несколько вариантов правильных ответов в скобках указано в скобках «несколько вариантов правильного ответа».

Полученная оценка выводится автоматически в зависимости от величины % правильных ответов.

Оценка «отлично» выставляется при условии, если Курсант (студент) ответил на все 100% вопросов теста.

Оценка «хорошо» выставляется при условии, если Курсант (студент) ответил не менее чем на 80% вопросов теста.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии, если Курсант (студент) ответил не менее чем на 60% вопросов теста.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если Курсант (студент) ответил менее чем на 60% вопросов теста.

4 ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

4.1 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

К экзамену допускаются Курсанты (студенты), положительно аттестованные по лабораторным работам, практическим занятиям, курсовой работе и тестовым заданиям (вопросам).

4.2 Оценочные средства по выполнению курсовой работы

Тема курсовой работы общая для всех Курсантов (студентов): «Подбор газотурбогенератора для ДВС».

Курсовая работа состоит из двух разделов и заданий. Первое задание предусматривает: выбор типа турбокомпрессора по варианту, анализ конструкции, эксплуатационных качеств, технического обслуживания типового турбокомпрессора. Второе задание по варианту включает в себя упрощенный расчет воздушного компрессора и системы безразборной очистки и упрощенный расчет газовой турбины и ее системы безразборной очистки.

Задание и методические указания по выполнению курсовой работы представлено в учебно-методическом пособии.

По первому теоретическому заданию сформированы тесты по тематике курсовой работы, включают в себя 20 заданий, одного из следующих типов: одиночный выбор, множественный выбор, показ на схеме расположение узла, ответ на вопрос по результатам расчета. Время на ответ ограничено. Предусмотрена остановка теста при достижении критического количества ошибок.

Тестовые задания разработаны и могут быть применены в общедоступной программной оболочке «Графит». Использование программного обеспечения и тестов не требует каких-либо разрешений (лицензий), дополнительных технических средств и навыков.

Тест на курсовую работу «Подбор газотурбоагнетателя для ДВС». Тест на курсовую работу представлен в Приложении № 4.

Шкала аттестации первого задания курсовой работы по дисциплине, основана на четырех балльной системе.

Оценка «отлично» выставляется при условии, если Курсант (студент) ответил на все 100% вопросов теста курсовой работы.

Оценка «хорошо» выставляется при условии, если Курсант (студент) ответил не менее чем на 80% вопросов теста курсовой работы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии, если Курсант (студент) ответил не менее чем на 60% вопросов теста курсовой работы.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если Курсант (студент) ответил менее чем на 60% вопросов теста курсовой работы.

Шкала аттестации по второму расчетному заданию: упрощенный расчет воздушного компрессора, системы безразборной очистки и упрощенный расчет газовой турбины, системы безразборной очистки, основана на четырех балльной системе.

Оценка «отлично» выставляется при условии, если Курсант (студент) представил по всем расчетным пунктам правильные результаты.

Оценка «хорошо» выставляется при условии, если Курсант (студент) представил 80% пунктов правильные результаты, но после выделенного времени на устранение ошибок, исправил недочеты.

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии, если Курсант (студент) представил 60% пунктов правильные результаты, но после выделенного времени на устранение ошибок, исправил недочеты.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если Курсант (студент) представил менее чем на 60% пунктов правильные результаты, но после выделенного времени на устранение ошибок, не исправил все недочеты.

Итоговая оценка по курсовой работе складывается из среднеарифметических положительных оценок по двум заданиям, если сумма нечетная, преподаватель задает дополнительные вопросы и определяет итоговую оценку. В случае, если по одному из заданий или по всем курсант (студент) получил неудовлетворительную оценку курсовая работа считается не защищенной.

Компетенции в той части, в которой они должны быть сформированы в рамках изучения дисциплины, могут считаться сформированными в случае, если Курсант (студент) полу-

чил при защите курсовой работы положительную оценку.

4.3 Экзаменационные вопросы (очная и заочная форма обучения)

Экзаменационные вопросы по дисциплине представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Экзаменационные вопросы по дисциплине

1.	Основные этапы развития судовых турбин.
2.	Классификация судовых турбин.
3.	Рабочий процесс, протекающий в активной ступени турбины.
4.	Рабочий процесс, протекающий в реактивной ступени турбины.
5.	Энергетические установки, применяемые на судах.
6.	Тепловые процессы в турбинных ступенях
7.	Основные показатели турбинной ступени.
8.	Сравнение активной и реактивной ступени турбин
9.	Располагаемая работа и потери в турбине газотурбонаддува ДВС.
10.	Сравнительная характеристика осевых и радиальных турбин ГТНА
11.	Многоступенчатые турбины (назначение, устройство, область применения).
12.	Многоступенчатые турбины со ступенями скорости (ступени Кертиса).
13.	Многоступенчатые турбины со ступенями давления.
14.	Сравнительная характеристика энергетических установок, используемых на судах.
15.	Паротурбинные установки, состав, тепловая схема и принцип работы.
16.	Газотурбинные установки, состав, тепловая схема и принцип работы.
17.	Назначение, устройство элементов паротурбинных установок.
18.	Назначение, устройство элементов газотурбинных установок.
19.	Назначение, устройство и принцип работы конденсационных установок
20.	Парогазотурбинные установки, состав, тепловая схема и принцип работы.
21.	Назначение, устройство и рабочий процесс осевого компрессора.
22.	Назначение, устройство и рабочий процесс центробежного компрессора.
23.	Факторы, влияющие на возникновение помпажа
24.	Основные неисправности компрессоров (помпаж).
25.	Помпаж осевых лопаточных компрессоров.
26.	Помпаж центробежных лопаточных компрессоров.
27.	Классификация и характеристика компрессоров.
28.	Параметры лопаточных компрессоров
29.	Преимущества и недостатки лопаточных осевых компрессоров.
30.	Преимущества и недостатки лопаточных центробежных компрессоров.
31.	Влияние воздухонаддува на работу ДВС.
32.	Типовые неисправности газотурбонаддува ДВС.
33.	Комбинированный наддув ДВС (схема, устройство, преимущество и недостатки).
34.	Основные параметры компрессоров.
35.	Охлаждение надувочного воздуха
36.	Дизель со свободным турбокомпрессором СТК (схема, устройство, преимуще-

	ство и недостатки).
37.	Механический наддув ДВС (схема, устройство, преимущество и недостатки).
38.	Отличие подшипников скольжения и качения, применяемых на турбоагрегатах ДВС.
39.	Влияние эксплуатационных факторов (числа оборотов) на совместную работу ДВС и ТК
40.	Влияние эксплуатационных факторов (нагрузки) на совместную работу ДВС и ТК
41.	Влияние загрязнения фильтров компрессора на показатели работы ДВС (газотурбинный наддув)
42.	Влияние эксплуатационных факторов (противодавление на выпуске газа из турбины) на совместную работу ДВС и ТК
43.	Влияние изменения внешних условий на совместную работу ДВС и ТК
44.	Безразборная очистка турбокомпрессора.
45.	Система смазки турбокомпрессора.
46.	Дизель с подключенным турбокомпрессором ПТК (схема, устройство, преимущество и недостатки).
47.	Конструктивное отличие турбокомпрессора отечественного производства типа ТК и ТКР
48.	Требования Регистра к паровым турбинам.
49.	Требования Регистра к газовым турбинам.
50.	Требования Регистра к системам наддува ДВС и компрессорам.

4.4 Содержание оценочных средств

4.4.1 Оценивание компетенций на этапе «промежуточной (семестровой) аттестации»

Таблица 5 - Оценивание компетенций на этапе «промежуточной (семестровой) аттестации»

Код и наименование компетенции	Результат обучения	Показатели и критерии оценивания уровня освоения компетенций		
		«удовлетворительно» (зачтено)	«хорошо»	«отлично»
Этап «промежуточной (семестровой) аттестации»				
ПКС-4 Техническое обслуживание и ремонт судовых механизмов и оборудования	знать	Основы конструкции, физические процессы, протекающие в турбомашинах. Общее представление о техническом обслуживании и ремонте турбокомпрессоров системы наддува ДВС.	Конструкцию турбомашин. Взаимосвязь физических процессов на рабочие параметры турбомашин. Взаимосвязь влияния эксплуатационных факторов на состояние механизмов. Организацию проведения технических осмотров и ремонта турбо-	Детальную конструкцию турбомашин. Взаимосвязь физических процессов на рабочие параметры турбомашин. Взаимосвязь влияния эксплуатационных факторов на состояние механизмов. Организацию проведения технических осмотров и ремонта турбомашин. Достижения науки и техники в области изучения и использования

Код и наименование компетенции	Результат обучения	Показатели и критерии оценивания уровня освоения компетенций		
		«удовлетворительно» (зачтено)	«хорошо»	«отлично»
			машин.	турбомашин.
	уметь	Выполнять техническое обслуживание по безразборной очистке турбокомпрессора. Выполнять простейшую разборку и сборку турбокомпрессора. Определять по внешним признакам и параметрам исправную или аварийную работу механизма.	Выполнять техническое обслуживание по безразборной очистке турбокомпрессора. Выполнять полную разборку и сборку турбокомпрессора. Определять по внешним признакам и параметрам исправную или аварийную работу механизма.	<p>Детально выполнять техническое обслуживание по безразборной очистке турбокомпрессора.</p> <p>Диагностировать по параметрам и состоянию механизма влияние эксплуатационных факторов.</p> <p>Проводить экспериментальные и теоретические исследования в области тепловых процессов турбомашин, в том числе с использованием компьютерных программ.</p>
	владеть	Основными навыками техническое обслуживание и ремонт судовых турбомашин.	Основными навыками техническое обслуживание и ремонт судовых турбомашин. Навыками оценки обстановки по параметрам работающих турбомашин и принятие необходимых действий по недопущению аварии.	<p>Основными навыками техническое обслуживание и ремонт судовых турбомашин. Навыками оценки обстановки по параметрам работающих турбомашин и принятие необходимых действий по недопущению аварии.</p> <p>Изучать, систематизировать и анализировать полученную информацию. Применять полученные знания для решения профессиональных задач.</p>

На этапе «промежуточной (семестровой) аттестации» помимо оценивания компетенции при проведении экзамена применяется интегральная (целостная) шкала оценивания, обучающегося (таблица 6).

Таблица 6 – Критерии оценивания

Оценка	Критерии
<p>5 (отлично)</p>	<p>если в совокупности:</p> <p>1. Курсант (студент) проявил полное понимание сущности теоретических вопросов, последовательно изложил ответы на вопросы; ответы были обоснованы с опорой на физические и тепловые процессы в турбомашинах, основанных на знаниях из общеобразовательных и инженерных дисциплин; из ответов следует, что он знаком с рекомендованной литературой по дисциплине не только в пределах основного учебника.</p> <p>2. Курсант (студент) в полной мере продемонстрировал компетентность, предусмотренную разделами А-III/1 Кодекса ПДНВ в отношении теории турбинной ступени, конструкции турбомашин, паровых, газовых турбин, турбокомпрессоров, порядка технического обслуживания системы наддува ДВС.</p> <p>3. Курсант (студент) дал правильные ответы на дополнительные вопросы.</p>
<p>4 (хорошо)</p>	<p>если в совокупности:</p> <p>1. Курсант (студент) проявил понимание сущности теоретических вопросов, дал последовательные ответы на вопросы; ответы были недостаточно обоснованы, без опоры на знания из общеобразовательных и инженерных дисциплин; из ответов следует, что он знаком с рекомендованной литературой по дисциплине только в пределах основного учебника.</p> <p>2. Курсант (студент) продемонстрировал компетентность, предусмотренную разделами А-III/1 Кодекса ПДНВ в отношении теории турбинной ступени, конструкции турбомашин, паровых, газовых турбин, турбокомпрессоров, порядка технического обслуживания системы наддува ДВС.</p> <p>3. Курсант (студент) допускал ошибки в ответах на дополнительные вопросы, но в целом продемонстрировал понимание и знание программы курса.</p>
<p>3 (удовлетворительно)</p>	<p>если в совокупности:</p> <p>1. Курсант (студент) проявил понимание сущности поставленных вопросов, но раскрыл их непоследовательно, не аргументировано, без использования доказательств; из ответов следует, что он знаком с рекомендованной литературой по дисциплине только в пределах конспекта или основного учебника.</p> <p>2. Курсант (студент) продемонстрировал компетентность, предусмотренную разделами А-III/1 Кодекса ПДНВ в отношении теории турбинной ступени, конструкции турбомашин, паровых, газовых турбин, турбокомпрессоров, порядка технического обслуживания системы наддува ДВС.</p> <p>3. Курсант (студент) давал на дополнительные вопросы ответы, демонстрируя в целом понимание изучаемой дисциплины.</p>
<p>2 (не удовлетворительно)</p>	<p>если в совокупности:</p> <p>1. Курсант (студент) не смог продемонстрировать понимания сущности поставленных вопросов, для него не ясна сама постановка вопросов, хотя при этом на доске или на бумаге вопросы могут быть изложены в полном объеме, но он не может объяснить смысла написанного им же</p>

Оценка	Критерии
	<p>текста и т.д.;</p> <p>2. Курсант (студент) не смог продемонстрировать компетентность, предусмотренную разделами А-III/1 Кодекса ПДНВ в отношении теории турбинной ступени, конструкции турбомашин, паровых, газовых турбин, турбокомпрессоров, порядка технического обслуживания системы наддува ДВС.</p> <p>3. Курсант (студент), отвечая на дополнительные вопросы, показал непонимание и незнание основных понятий и определений по изучаемой дисциплине.</p>

5 СВЕДЕНИЯ О ФОНДЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ И ЕГО СОГЛАСОВАНИИ

Фонд оценочных средств для аттестации по дисциплине «Судовые турбомашинны» представляет собой компонент основной профессиональной образовательной программы специалитета по специальности 26.05.06 «Эксплуатация судовых энергетических установок» (специализация «Эксплуатация главной судовой двигательной установки»).

Фонд оценочных средств рассмотрен и одобрен на заседании кафедры судовых энергетических установок (протокол № 10 от 27.04.2022).

Заведующий кафедрой



И.М. Дмитриев

Приложение № 1

Перечень тем практических занятий по дисциплине

Практическое задание №1. Изучение конструкции судовых главных и вспомогательных турбоагрегатов.

Практическое задание №2. Изучение конструкции турбокомпрессоров судовых ДВС.

Практическое задание №3. Разборка и сборка турбокомпрессора.

Практическое задание №4. Снятие характеристик компрессора. Исследование влияния изменения сопротивления на линиях всасывания и нагнетания на показатели работы центробежного компрессора.

Практическое задание №5. Исследование характеристик турбонаддувочного агрегата дизеля на режимах нагрузочной характеристики ДВС.

Практическое задание №6. Влияние изменения метеорологических условий на совместную работу дизеля и турбокомпрессора.

Практическое занятие № 7. Исследование влияния технического состояния впускной и газовыпускной систем турбокомпрессора на его совместную работу с ДВС

Задания на практические занятия

Практическое занятие № 1. Изучение конструкции судовых главных и вспомогательных турбоагрегатов

Учебная цель: Изучение конструкции турбокомпрессоров наиболее распространенной схемы и изучение достоинств и недостатков существующих конструктивных схем

Задачи:

1. Устройство судовых главных и вспомогательных паротурбинных агрегатов.
2. Устройство судовых главных и вспомогательных газотурбинных агрегатов.

Критерии оценки выполнения:

Знание устройства главных и вспомогательных турбоагрегатов

Контрольные вопросы:

1. Какие узлы и детали являются основными в судовых паровых турбоагрегатах?
2. Чем отличается ротор активной турбины и реактивной?
3. Каким образом осуществляется крепление сопловых и рабочих лопаток?
4. Назовите основные конструктивные характеристики сопловых и рабочих лопаток.
5. Какова величина зазора между подвижными и неподвижными деталями в судовых паровых турбоагрегатах?
6. Из каких основных деталей состоят опорные и упорные подшипники?
7. Назовите основные детали концевых уплотнений.
8. Из каких основных деталей состоит конденсатор?
9. Из какого материала изготавливаются ротор, статор, подшипники, концевые уплотнения?
10. Какие узлы и детали являются основными в судовых газотурбинных агрегатах?
11. Чем отличаются конструкции судовых паровых и газовых турбин?
12. Какие детали газовых турбин ограничивают температуру рабочего тела?
13. Каковы способы уменьшения температуры наиболее ответственных деталей газовых турбин?
14. Из каких основных деталей состоит компрессор?
15. Охарактеризуйте конструкцию соединительных муфт.
16. Из каких основных деталей и узлов состоит валоповоротное устройство?
17. Назовите основные детали и узлы газотурбинных двигателей.

18. Из какого материала изготавливаются основные детали?

Практическое занятие № 2. Изучение конструкции турбокомпрессоров судовых ДВС

Учебная цель: Изучение конструкции турбокомпрессоров наиболее распространенной схемы и изучение достоинств и недостатков существующих конструктивных схем

Задачи:

1. Устройство турбокомпрессоров типа ТК и ТКР
2. Устройство турбокомпрессоров типа VTR, PDH, N3, H3, NVD 26-1.

Критерии оценки выполнения:

Слушатели демонстрируют способность с соблюдением техники безопасности разбирать ТК и оценивать его состояние.

Контрольные вопросы:

1. Какие узлы и детали являются основными в турбокомпрессорах судовых ДВС?
2. Чем отличаются конструкции турбокомпрессоров судовых ДВС и судовых газотурбинных двигателей?
3. Почему в турбокомпрессорах применяются центробежные компрессоры?
4. Каковы способы крепления колеса турбины к ротору, турбинных лопаток к колесу, компрессора к турбине?
5. Каким способом предотвращается подвод теплоты от горячих газов к воздуху?
6. Почему в турбокомпрессорах ДВС применяется опорно-упорный подшипник?
7. Какие типы подшипников применяются в турбокомпрессорах?
8. Как осуществляется смазка подшипников и чему равна максимальная температура масла на выходе из подшипника?
9. Какая особенность опорного подшипника, расположенного рядом с газовой турбиной?
10. Из какого материала изготавливаются основные детали турбокомпрессора, способы их изготовления?

Практическое занятие № 3. Разборка и сборка турбокомпрессора

Учебная цель: Ознакомление Курсантов (студентов) с основными правилами разборки и сборки турбокомпрессора и оценка технического состояния и загрязненности его узлов и деталей

Задачи:

1. Разборка и сборка турбокомпрессора типа ТК,
2. Оценка технического состояния и загрязненности узлов и деталей турбокомпрессора.

Критерии оценки выполнения:

Слушатели демонстрируют способность с соблюдением техники безопасности разбирать ТК и оценивать его состояние.

Рекомендации по подготовке к выполнению задания или упражнения:

Контрольные вопросы:

1. Какое влияние на двигатель внутреннего сгорания оказывает ухудшение технического состояния турбокомпрессора?
2. Назовите основные характеристики ухудшения технического состояния турбокомпрессора.
3. В каких случаях производится разборка турбокомпрессора?
4. Какие работы производятся при разборке турбокомпрессора?
5. Какой инструмент и приборы используются при разборке и оценке технического состояния турбокомпрессора?
6. Какие зазоры регламентируются в турбонагнетателях?

Практическое занятие № 4. Снятие характеристик компрессора. Исследование влияния изменения сопротивления на линиях всасывания и нагнетания на показатели работы центробежного компрессора

Учебная цель: Углубление изучения теоретического материала по турбокомпрессорам и привитие навыков проведения эксперимента

Задачи:

1. Снятие характеристик компрессора,
2. Обработка результатов наблюдения

Критерии оценки выполнения:

Слушатели демонстрируют способность снятия параметров компрессора

Контрольные вопросы:

1. Что такое характеристика компрессора?
2. Какие бывают характеристики компрессора?
3. Как влияет увеличение сопротивления на линиях всасывания и нагнетания на показатели работы компрессора?
4. Какие процессы реального турбокомпрессора моделируются на лабораторной установке?
5. От чего зависит коэффициент полезного действия компрессора?
6. Какие приборы могут применяться для оценки работы компрессора?

Практическое занятие № 5. Исследование характеристик турбонаддувочного агрегата дизеля на режимах нагрузочной характеристики ДВС

Учебная цель: Определение характеристик работы турбокомпрессора на режимах нагрузочной характеристики ДВС при постоянной частоте вращения коленчатого вала

Задачи:

1. Снятие характеристик турбокомпрессора на режимах нагрузочной характеристики ДВС.
2. Обработка результатов наблюдения

Критерии оценки выполнения:

Слушатели демонстрируют способность обработки результатов наблюдения

Контрольные вопросы:

1. какое оборудование входит в состав настоящей лабораторной установки?
2. Какие основные параметры и характеристики лабораторной ДВС?
3. Каким образом изменяется нагрузка ДВС в данной лабораторной установке?
4. Какие устройств, а и приборы применяются для измерения расхода воздуха?
5. Что такое адиабатный КПД компрессора?
6. Какие требования предъявляются к согласованию характеристик ДВС и ТК?
7. Как изменяется КПД турбины по нагрузочной характеристике ДВС?
8. Как изменяется адиабатный КПД компрессора на режимах нагрузочной характеристики ДВС?
9. Какие факторы влияют на мощность, потребляемую компрессором?
10. От каких параметров зависит мощность, развиваемой турбиной?
11. Какие требования предъявляются к соотношению мощностей турбины и компрессора в системе наддува ДВС?

Практическое занятие № 6. Влияние изменения метеорологических условий на совместную работу дизеля и турбокомпрессора

Учебная цель: Исследование влияния метеорологических условий на совместную работу ДВС и турбокомпрессора

Задачи:

1. Снятие характеристик турбокомпрессора на режимах нагрузочной характеристики ДВС.

2. Обработка результатов наблюдения

Критерии оценки выполнения:

Слушатели демонстрируют способность обработки результатов наблюдения

Контрольные вопросы:

1. Как влияет изменение температуры окружающего воздуха на величину действительного напора компрессора?

2. Какое воздействие оказывает изменение барометрического давления на давление воздуха на выходе из компрессора?

3. Каким образом можно получить достоверные данные по влиянию температуры и давления окружающего воздуха на совместную работу ДВС и ТК?

4. Какое влияние на гидравлическую характеристику ДВС оказывает изменение температуры окружающего воздуха?

5. Какое влияние на гидравлическую характеристику ДВС оказывает изменение давления окружающего воздуха?

6. Какое влияние на удельный расход топлива в ДВС оказывает изменение давления и температуры окружающего воздуха?

Практическое занятие № 7. Исследование влияния технического состояния впускной и газовойпускной систем турбокомпрессора на его совместную работу с ДВС

Учебная цель: Исследование влияния эксплуатационных факторов на совместную работу ДВС и турбокомпрессора. Привитие Курсантам (студентам) навыков исследовательской работы

Задачи:

1. Снятие характеристик впускной системы турбокомпрессора.

2. Снятие характеристик газовойпускной системы турбокомпрессора.

3. Обработка результатов наблюдения.

Критерии оценки выполнения:

Слушатели демонстрируют способность обработки результатов наблюдения

Контрольные вопросы:

1. Какие изменения технического состояния турбокомпрессора и его систем можно моделировать на лабораторной установке?

2. С помощью каких измерительных приборов можно оценить техническое состояние впускной и выпускной систем турбокомпрессора?

3. Как влияет увеличение сопротивления во всасывающем (выпускном) трубопроводе на характеристики работы турбокомпрессора и ДВС?

4. Какова погрешность измерительных приборов, применяемых в лаборатории ДВС?

5. С помощью каких мероприятий можно восстановить паспортное техническое состояние впускной и газовойпускной систем турбокомпрессора в судовых условиях?

Приложение № 2

Перечень тем лабораторных работ по дисциплине

Лабораторная работа № 1. Изучение конструкции судовых главных и вспомогательных турбоагрегатов.

Лабораторная работа № 2. Изучение конструкции турбокомпрессоров судовых ДВС.

Лабораторная работа № 3. Разборка и сборка турбокомпрессора.

Лабораторная работа № 4. Снятие характеристик компрессора. Исследование влияния изменения сопротивления на линиях всасывания и нагнетания на показатели работы центробежного компрессора.

Лабораторная работа № 5. Исследование характеристик турбонаддувочного агрегата дизеля на режимах нагрузочной характеристики ДВС.

Лабораторная работа № 6. Влияние изменения метеорологических условий на совместную работу дизеля и турбокомпрессора.

Лабораторная работа № 7. Исследование влияния технического состояния впускной и газовыпускной систем турбокомпрессора на его совместную работу с ДВС.

Примеры заданий на лабораторные работы

Задание №1

Тема: ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ТУРБОКОМПРЕССОРОВ СУДОВЫХ ДВС

Учебная цель: Изучение конструкции турбокомпрессоров наиболее распространенной схемы и изучение достоинств и недостатков существующих конструктивных схем

Время проведения: 2 часа

Перечень вопросов, подлежащих отработке:

1. Устройство турбокомпрессоров типа ТК и ТКР
2. Устройство турбокомпрессоров типа VTR, PDH, N3, H3, NVD 26-1.

Краткое описание работы

Величина среднего индикаторного давления, развиваемого в дизеле, зависит от целого ряда факторов. Одним из основных является плотность воздуха, поступающего в цилиндры дизеля. Чем выше плотность воздуха, тем больше (при прочих равных условиях) величина среднего индикаторного давления, а, следовательно, и мощность дизеля. Для увеличения плотности заряда, поступающего в цилиндры дизеля, производится сжатие атмосферного воздуха в турбокомпрессоре.

В общем случае турбокомпрессор состоит из компрессора и турбины. В свою очередь, и компрессор, и турбина состоят из корпуса и рабочего колеса. Рабочие колеса турбины и компрессора крепятся к ротору. Между компрессором и турбиной находится теплозащитное устройство, предохраняющее компрессор от нагрева выпускными газами турбины. Ротор устанавливается в подшипниках качения или скольжения. Для уменьшения утечек рабочей среды применяются концевые уплотнения с подводом воздуха. Корпус охлаждается циркулирующей водой, подшипники смазываются и охлаждаются маслом. В ряде конструкций

предусмотрены устройства для подвода к турбокомпрессору раствора, с помощью которого производится очистка его проточной части во время работы.

На общем виде ТКР-23Н компрессор представлен с двухканальным подводом газа. Подшипники скольжения 8 располагаются между роторами в среднем корпусе 5, компрессор выполнен по конструктивной схеме, изображенной на рис.2.6 (слева схема). Подвод масла для смазки подшипников осуществляется из циркуляционной системы по каналу 13. В конструкции ТКР-23Н применяются бесконтактные лабиринтовые уплотнения.

Как и турбокомпрессоры ряда ТК, VTR и другие, турбокомпрессоры ряда ТКР выполняются с различным взаимным расположением корпусов, что обеспечивает возможность целесообразного размещения и крепления их на разных двигателях с учетом особенности конструкции остова, систем впуска и выпуска, габаритов машинного помещения и других.

Перечень технических и материальных средств для выполнения работы

При выполнении первого вопроса лабораторной работы используются плакаты, стенды, макеты, учебники.

При выполнении второго вопроса лабораторной работы используются плакаты, диафильмы, учебники, макеты; атлас конструкций.

Организационно-методические указания

I Организация работы. Лабораторная работа выполняется каждым Курсантом (студентом) путем самостоятельного изучения конструкции судовых турбокомпрессоров. Вначале изучаются основные конструктивные схемы турбокомпрессоров, их достоинства и недостатки, затем конструкция наиболее распространенной схемы турбокомпрессора. При этом уделяется внимание: принципу работы турбины и количеству ступеней, способу крепления колеса турбины к ротору и турбинных лопаток к колесу, материалу и технологии изготовления; принципу работы компрессора, способу крепления колеса компрессора к ротору, конфигурации рабочих каналов, материалу и технологии изготовления; конструкции подшипников скольжения либо качения, величине зазора в подшипнике, материалу втулок подшипника, величине максимальной температуры масла на выходе из подшипников.

II Оформление работы. Отчет по лабораторной работе должен быть кратким. В нем приводятся: цель лабораторной работы, эскизы основных конструктивных схем турбокомпрессоров и их краткая оценка, принцип работы и количество ступеней турбины, способы крепления лопаток к колесу турбины, материал лопаток, турбины и турбинного колеса, технология крепления лопаток к турбинному колесу и турбинного колеса к ротору; принцип работы компрессора, способ крепления колеса компрессора к ротору, материал колеса компрессора, эскиз ротора с компрессорным и турбинным колесами, величина допустимого зазора в подшипнике, материал втулки подшипников, максимальная величина температуры масла на выходе из подшипника, назначение подшипников (опорные, опорно-упорные), назначение и конструктивное выполнение уплотнений.

После оформления проводится защита отчета.

Указания по технике безопасности

При выполнении лабораторной работы отсутствуют действия, требующие специального инструктажа по технике безопасности.

Перечень вопросов для самопроверки

1. Какие узлы и детали являются основными в турбокомпрессорах судовых ДВС?
2. Чем отличаются конструкции турбокомпрессоров судовых ДВС и судовых газотурбинных двигателей?
3. Почему в турбокомпрессорах применяются центробежные компрессоры?
4. Каковы способы крепления колеса турбины к ротору, турбинных лопаток к колесу, компрессора к турбине?
5. Каким способом предотвращается подвод теплоты от горячих газов к воздуху?
6. Почему в турбокомпрессорах ДВС применяется опорно-упорный подшипник?
7. Какие типы подшипников применяются в турбокомпрессорах?

8. Как осуществляется смазка подшипников и чему равна максимальная температура масла на выходе из подшипника?

9. Какая особенность опорного подшипника, расположенного рядом с газовой турбиной?

10. Из какого материала изготавливаются основные детали турбокомпрессора, способы их изготовления?

Задание №2

Тема: РАЗБОРКА И СБОРКА ТУРБОКОМПРЕССОРА

Учебная цель: Ознакомление Курсантов (студентов) с основными правилами разборки и сборки турбокомпрессора и оценка технического состояния и загрязненности его узлов и деталей

Время проведения: 2 часа

Перечень вопросов, подлежащих отработке:

1. Разборка и сборка турбокомпрессора типа ТК,
2. Оценка технического состояния и загрязненности узлов и деталей турбокомпрессора.

Краткое описание работы

В период эксплуатации происходит ухудшение технического состояния отдельных узлов и деталей турбокомпрессора, обуславливающее увеличение расхода топлива, тепловой напряженности цилиндропоршневой группы, поломки, а иногда и возникновение аварийных ситуаций. К таким ухудшениям технического состояния относятся: загрязнения проточной части турбокомпрессора и воздушных фильтров, поломка сопловых и рабочих лопаток, лабиринтных уплотнений и т.д.

Восстановление исходного технического состояния турбокомпрессора (или близкого к нему) производится в результате соответствующего технического ухода, сопровождающегося выводом турбокомпрессора из работы и его разборкой. Разборка турбокомпрессора может быть плановой или внеплановой. Во втором случае необходимость проведения технического ухода определяется по изменению диагностических показателей работы.

Перечень технических и материальных средств для выполнения работы

Лабораторная установка состоит из фундаментной рамы, на которой устанавливаются турбокомпрессор и грузоподъемное устройство.

В лабораторной установке применен турбокомпрессор типа ТК-23 с внешним расположением подшипников, осевой турбиной и центробежным компрессором. Турбокомпрессоры ряда ТК предназначены для наддува тяжелых дизелей с большим ресурсом работы. Они изготавливаются в двух модификациях; ТК23Н (низкого давления) и ТК23С (среднего давления). Модификации имеют одинаковые размеры и отличаются только марками материалов, применяемых для изготовления рабочих лопаток и колес турбины и компрессора.

По данным завода-изготовителя обе модификации турбокомпрессора надежно работают при температуре всасываемого воздуха от -50 до +60°C, относительной влажности до 98%, при наклоне оси ротора от горизонтального положения до 15°, а в условиях качки - до 45°. Частота вращения ротора при длительной работе не должна превышать 25000 1/мин для ТК23Н и 29000 1/мин для ТК23С. Максимально допустимая в течение одного часа работы частота нагрузки составляет соответственно 27000 1/мин и 31000 1/мин. Температура газов при длительной работе допускается не более 600°C для ТК23Н и 630°C для ТК23С. Остов турбокомпрессора состоит из корпуса компрессора, корпуса турбины и выхлопного корпуса. Выхлопной и газоприемный корпуса имеют водяные рубашки, которых циркулирует вода из системы охлаждения дизеля.

В эксплуатации разборка турбонагнетателей производится в случае недопустимой закоксованности и отложений и проточной части, когда безразборные способы очистки являются неэффективными, или для проведения регламентного технического обслуживания.

Организационно-методические указания

1 Организация работы. Лабораторная работа проводится для двух случаев: недопустимых закоксованности и отложений в проточной части турбокомпрессора и проведения регламентных работ.

В первом случае отворачивают гайки крепления корпусов компрессора и турбины и с помощью грузоподъемного устройства снимают корпуса турбины и компрессора. В связи с ограничением по времени и отсутствием возможности в каждой работе нанести соответствующие отложения в проточной части выемка ротора, и его промывка не производятся.

Дополнительно, в объеме проведения регламентных работ второго случая, проверяются осевой люфт (разбег) ротора, зазоры в подшипниках, радиальные зазоры между рабочими лопатками и корпусом, зазоры в лабиринтных уплотнениях.

Осевой люфт определяется с помощью индикатора, установленного на специальном приспособлении со стороны турбины.

Индикатор подводится к торцу ротора, и отмечается начальное показание, затем ротор смещается в сторону турбины, и отмечается новое показание индикатора. Разность между ними равна величине люфта. Замер производится 3 раза. Измерение остальных зазоров не требует специальных пояснений.

После окончания замеров производится сборка компрессора. Перед сборкой оценивается состояние уплотнительных прокладок.

II Оформление работы. Отчет по лабораторной работе должен быть кратким. В нем указывается цель работы, порядок ее выполнения, приводятся результаты замеров, дается сравнение с допустимыми значениями

Указания по технике безопасности

Лабораторная работа проводится под контролем преподавателя и учебного мастера. До ее начала зав. лабораторией (учебный мастер) проверяет состояние подъемного механизма и инструмента, которое должно соответствовать правилам техники безопасности. Курсанты (студенты) обеспечиваются спецодеждой (халаты, рукавицы).

Разборка и сборка турбокомпрессора производится в соответствии с правилами техники безопасности, с которыми Курсанты (студенты) знакомятся предварительно, до начала лабораторной работы.

Перед началом работы проверяются знания по технике безопасности, зав. лабораторией делает соответствующую отметку в журнале.

Неподготовленные Курсанты (студенты) к проведению лабораторной работы не допускаются.

Перечень вопросов для самопроверки

1. Какое влияние на двигатель внутреннего сгорания оказывает ухудшение технического состояния турбокомпрессора?
2. Назовите основные характеристики ухудшения технического состояния турбокомпрессора.
3. В каких случаях производится разборка турбокомпрессора?
4. Какие работы производятся при разборке турбокомпрессора?
5. Какой инструмент и приборы используются при разборке и оценке технического состояния турбокомпрессора?
6. Какие зазоры регламентируются в турбонагнетателях?

Задание №3

Тема: СНЯТИЕ ХАРАКТЕРИСТИК КОМПРЕССОРА. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА ЛИНИЯХ ВСАСЫВАНИЯ И НАГНЕТАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

Учебная цель: Углубление изучения теоретического материала по турбокомпрессорам и привитие навыков проведения эксперимента

Время проведения: 2 часа

Перечень вопросов подлежащих отработке:

1. Снятие характеристик компрессора,
2. Обработка результатов наблюдения

Краткое описание работы

В общем случае режим работы компрессора определяется температурой и давлением воздуха на входе, частотой вращения и производительностью. В зависимости от сочетания этих параметров компрессор будет обеспечивать ту или иную степень повышения давления и потреблять различную мощность. Оценка основных параметров работы компрессора на любом режиме производится по его характеристике.

Характеристикой компрессора называется зависимость создаваемой им степени повышения давления и его коэффициента полезного действия от расхода воздуха и частоты вращения ротора компрессора. Применяются два вида характеристик: нормальные и универсальные.

Нормальные характеристики отражают зависимость степени повышения давления и коэффициента полезного действия компрессора от расхода воздуха и частоты вращения ротора при конкретных давлении и температуре воздуха на входе в компрессор. Однако для всесторонней оценки эксплуатационных качеств компрессора с их помощью необходимо большое количество характеристик, построенных при различных значениях температуры и давления воздуха на входе. Поэтому нормальные характеристики служат основанием для построения универсальных характеристик.

При построении универсальных характеристик по оси абсцисс откладывается расход воздуха, приведенный к стандартным атмосферным условиям. Частота вращения ротора также приводится к стандартным атмосферным условиям.

Задачей настоящей работы является построение нормальной и универсальной характеристик центробежного компрессора.

Организационно-методические указания

I Организация работы.

1. Перед пуском компрессора проверяют наличие масла в системе смазки, открывается кран для его поступления к подшипнику. Вручную проворачивается ротор. Проверяется состояние механической и электрической систем установки, при отсутствии неисправностей производится ее пуск.

2. Замеры проводятся на каждом режиме работы компрессора в объеме, приведенном в таблице 1.

3. Режим работы компрессора устанавливается путем, варьирования положения заслонок на всасывании и в нагнетательном трубопроводе и изменением частоты вращения ротора.

Частота вращения ротора варьируется путем изменения величины напряжения, подаваемого на электродвигатель. Максимальному значению напряжения ($U = 65$ В соответствует частота вращения компрессора $n_k = 8100$ 1/мин.

4. Измерения с целью построения характеристики компрессора проводятся для трех значений частоты вращения компрессора, находящихся в интервале 6000-8100 1/мин ($U = 30-65$ В). При каждой частоте вращения ротора устанавливается 4-5 режимов по давлению и расходу воздуха за счет соответствующего изменения открытия заслонок во всасывающем и нагнетательном трубопроводах.

5. Измерения с целью изучения влияния увеличения сопротивления на линии всасывания проводятся для трех положений заслонки, моделирующих изменение сопротивления воздушного фильтра, и при полностью открытой заслонке в нагнетательном трубопроводе. При этом для каждого положения заслонки устанавливается не менее четырех режимов работы по частоте вращения ротора.

6. Измерения с целью изучения влияния увеличения сопротивления на линии нагнета-

ния проводятся для трех положений заслонки, установленной в нагнетательном трубопроводе, при полностью открытой заслонке во всасывающем трубопроводе. При этом для каждого положения заслонки устанавливается не менее четырех режимов работы компрессора, отличающихся частотой вращения ротора.

7. После изменения положения заслонки или частоты вращения ротора режим считается установившимся через ≈ 3 мин работы установки.

II. Обработка результатов наблюдений и оформление работы

По каждому режиму подсчитывается: производительность компрессора (действительная и приведенная к нормальным условиям); приведенная частота вращения ротора; мощность, затрачиваемая на сжатие воздуха в компрессоре; коэффициент полезного действия компрессора.

Производительность компрессора на исследуемом режиме подсчитывается по формуле G_B , кг/с

$$G_B = 3,703 \cdot 10^{-5} \sqrt{P_K \frac{\Delta P}{T_K}} \quad \text{кг/с} \quad (1)$$

где P_K - давление воздуха перед диафрагмой, Па;

T_K - температура воздуха после компрессора, К;

ΔP - перепад давлений на диафрагме, мм. вод. ст.

Приведенная к нормальным условиям производительность компрессора:

$$G_{пр} = G_B \sqrt{(T_a / 293)} \cdot (0,101325 / P_a) \cdot (n_{пр} / n'_{пр}), \text{ кг/с} \quad (2)$$

где P_a - абсолютное давление воздуха перед компрессором, МПа;

T_a - температура воздуха перед компрессором, К;

$n'_{пр}$ - приведенная частота вращения ротора компрессора, 1/мин;

$n_{пр}$ - приведенная частота вращения для построения характеристики (задается), 1/мин.

Частота вращения центробежного компрессора (n_K) определяется по тарифовочному графику или измеряется тахометром.

Приведенная частота вращения вычисляется по формуле

$$n'_{пр} = n_K \sqrt{(293/T_a)}; n_K = n_{пр} / \sqrt{(293/T_a)} \quad (3)$$

где n_K - частота вращения ротора на исследуемом режиме, 1/мин.

Мощность, затрачиваемая на сжатие воздуха в компрессоре

$$N_K = U \cdot I \cdot \eta, \text{ кВт} \quad (4)$$

где U, I - напряжение и сила тока, подаваемого на электродвигатель;

η - КПД электродвигателя.

Коэффициент полезного действия компрессора вычисляется по формуле

$$\eta_K = \frac{K}{K-1} \cdot R \cdot T_a \cdot \left[\left(\frac{P_K}{P_a} \right)^{\frac{K-1}{K}} - 1 \right] \cdot \frac{G_B}{N_K} \quad (5)$$

где $K = 1,4$ - показатель адиабаты.

По результатам обработки производится построение:

- универсальной характеристики компрессора;
- зависимости степени повышения давления от расхода нескольких положениях заслонок.

В отчет по каждой лабораторной работе входят: цель и задачи лабораторной работы, расчетные формулы, экспериментальные данные и результаты их обработки в виде графика, выводы. Проводится защита отчета.

Указания по технике безопасности

Лабораторная работа проводится под контролем преподавателя и учебного мастера. До ее начала зав. лабораторией проверяет состояние лабораторного стенда и в случае соответствия его правилам технической эксплуатации дает разрешение на проведение лабораторной работы.

Установка обслуживается учебно-вспомогательным персоналом лаборатории. Курсанты (студенты) осуществляют только измерение параметров работы установки и не переходят за барьер, отделяющий установку от помещения лаборатории.

Лабораторная установка обслуживается в соответствии с правилами техники безопасности, с которыми Курсанты (студенты) знакомятся предварительно, до начала лабораторной работы.

Перед началом работы проверяются знания по технике безопасности, зав. лабораторией делает соответствующую отметку в журнале.

Неподготовленные Курсанты (студент) к проведению лабораторной работы не допускаются.

Перечень вопросов для самопроверки

1. Что такое характеристика компрессора?
2. Какие бывают характеристики компрессора?
3. Как влияет увеличение сопротивления на линиях всасывания и нагнетания на показатели работы компрессора?
4. Какие процессы реального турбокомпрессора моделируются на лабораторной установке?
5. От чего зависит коэффициент полезного действия компрессора?
6. Какие приборы могут применяться для оценки работы компрессора?

Приложение № 3

Перечень тестов по дисциплине «Судовые турбомашин»

ВАРИАНТ №1

1. Количество этапов развития судовых турбин

- 1) один;
- 2) два;
- 3) три;
- 4) четыре.

2. Судовых турбины классификации по ...

- 1) роду рабочего тела
- 2) назначению
- 3) способу передаче мощности
- 4) направлению потока рабочего тела
- 5) характеру рабочего процесса
- 6) все перечисленное

3. Параметры включения аварийной защиты ГТУ при котором отсекается подача топлива к двигателю (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) минимальное давления топлива в системе двигателя;
- 2) падение давления масла ниже критической в системе двигателя;
- 3) превышение оборотов ротора силовой газовой турбины;
- 4) резкое увеличение оборотов роторов;
- 5) при резком изменении погодных условий.

4. Степень сжатия воздушного компрессора это отношение давления ...

- 1) воздуха за компрессором к давлению перед компрессором;
- 2) воздуха перед компрессором к давлению за компрессором;
- 3) к температуре наддувочного воздуха

5. Назовите конструктивные особенности активной ступени турбины

- 1) расстояние между сопловыми лопатками постоянное и сужающееся расстояние между рабочими лопатками;
- 2) сужающееся расстояние между сопловыми и рабочими лопатками;
- 3) расстояние между рабочими лопатками постоянное и сужающееся расстояние между сопловыми лопатками;
- 4) расстояние между сопловыми и рабочими лопатками с постоянным сечением.

6. Основные энергетические установки, используемые на судах и военных кораблях

- 1) ГТЭУ;
- 2) ДЭУ;
- 3) ПТЭУ;
- 4) ЯЭУ;
- 5) все перечисленные.

7. Параметры пара, как рабочего тела турбины низкого давления: давление...

- 1) равно 1,0 – 3,0 МПа, пар сухой насыщенный или слабо перегретый;
- 2) равно 5,0 – 6,0 МПа; температура = 450 - 500°C;
- 3) более 6,0 МПа; температура более 500°C.

8. Отличие активной и реактивной ступени турбомашин

- 1) только формой сопловых лопаток;
- 2) только формой рабочих лопаток;
- 3) формой сопловых и рабочих лопаток;
- 4) ничем не отличается.

9. Конструктивные особенности реактивной ступени турбины

1) расстояние между сопловыми лопатками постоянное и сужающееся расстояние между рабочими лопатками;

2) сужающееся расстояние между сопловыми и рабочими лопатками;

3) расстояние между рабочими лопатками постоянное и сужающееся расстояние между сопловыми лопатками;

4) расстояние между сопловыми и рабочими лопатками с постоянным сечением.

10. Энергетическая установка с наиболее высоким КПД

1) ГТЭУ;

2) ДЭУ;

3) ПТЭУ;

4) ЯЭУ.

11. Параметры пара, как рабочего тела турбины среднего давления: давление ...

1) равно 1,0 – 3,0 МПа, пар сухой насыщенный или слабо перегретый;

2) равно 5,0 – 6,0 МПа; температура = 450 - 500°C;

3) более 6,0 МПа; температура более 500°C.

12. Виды наддува применяются в ДВС (несколько вариантов правильного ответа)

1) механический;

2) газотурбинный;

3) комбинированный;

4) независимый;

5) химический.

13. Применение двухвенечного колеса Кертиса

1) в многоступенчатых турбинах со ступенями давления;

2) в многоступенчатых турбинах со ступенями скорости;

3) только в одноступенчатой турбине.

14. Применение многоступенчатой турбины со ступенями скорости (несколько вариантов правильного ответа)

1) только в главных турбинах;

2) во вспомогательных турбинах;

3) в главных турбинах в качестве первой ступени.

15. Энергетическая установка с вышей удельной массы

1) ГТЭУ;

2) ДЭУ;

3) ПТЭУ;

4) ЯЭУ.

16. Выбрать определение паровой турбины наиболее точное:

1) паровой турбиной (от лат. turbo - вихрь, вращение с большой скоростью) называется тепловой ротативный двигатель, в котором тепловая энергия водяного пара, нагретого под давлением, преобразуется в механическую работу вращающегося вала.

2) паровой турбиной (от лат. turbo - вихрь, вращение с большой скоростью) называется тепловой ротативный двигатель, в котором внутренняя энергия газа, преобразуется в механическую работу вращающегося вала.

3) паровой турбиной называется тепловой ротативный двигатель, в котором потенциальная энергия пара, преобразуется в конденсат.

17. Степень сжатия одной ступени лопаточного центробежного компрессора

1) 5,5 – 7,5

2) 1,15 – 1,25;

3) около 4,5;

4) 0,15 – 0,55

18. Первый этап отечественного турбостроения характерен

- 1) 1883-1890 шведский инженер Лаваль построил одноступенчатую активную паровую турбину;
- 2) в СССР профессор Маяковский построил газовую турбину;
- 3) в 1904 г на яхте Ласточка построена паровая машина;
- 4) в 1896 в США инженер Кертис построил многоступенчатую реактивную паровую турбину;
- 5) в 1806-1823 Петр Залесов построил модель паровой машины.

19. Вспомогательные турбомашины используются в (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) паровые насосы;
- 2) протурбинные вентиляторы в паротурбинных энергетических установках;
- 3) в качестве главного двигателя;
- 4) в главных турбозубчатых агрегатах;
- 5) в качестве турбомашин в паротурбогенераторах и газотурбогенераторах.

20. Основные функции главного конденсатора ПТУ (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) обессоливания питательной воды;
- 2) охлаждение пара и превращение в конденсат;
- 3) создание вакуума;
- 4) удаление воздуха из конденсата;
- 5) введение присадок.

21. Многоступенчатая турбина со ступенями давления применяется

- 1) только в главных турбинах;
- 2) только во вспомогательных турбинах;
- 3) в главных турбинах в качестве первой ступени.

22. Идеальный цикл ГТУ

- 1) расширение, охлаждение рабочего тела, сжатие, подвод тепла (сгорание топлива);
- 2) сжатие, подвод тепла (сгорание топлива); расширение, охлаждение рабочего тела;
- 3) сжатие, расширение, подвод тепла (сгорание топлива), охлаждение рабочего тела;
- 4) подвод тепла (сгорание топлива), охлаждение рабочего тела, сжатие, расширение;
- 5) расширение, сжатие, подвод тепла (сгорание топлива), охлаждение рабочего тела.

23. Жидкость в парогенераторе ЯЭУ при высоких температурах (более 150°) не кипит по причине жидкость ... (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) первого контура имеет специальный химический состав;
- 2) находится под большим давлением;
- 3) с добавлением соли;
- 4) с добавлением присадок по жесткости.

24. Охлаждение лопаток ГТУ осуществляется

- 1) водой;
- 2) маслом;
- 3) воздухом;
- 4) специальной охлаждающей жидкостью.

25. Перечислить основные элементы простейшей одноступенчатой турбины

- 1) вал, диск, поршень, рабочие и сопловые лопатки;
- 2) вал, диск с рабочими лопатками, сопловые лопатки, два подшипника;
- 3) статор и ротор;
- 4) вал, диск с рабочими лопатками, сопловые лопатки.

26. Степень сжатия одной ступени лопаточного осевого компрессора

- 1) 5,5 – 7,5
- 2) 1,15 – 1,25;
- 3) около 4,5;

4) 0,15 – 0,55

27. Экрэн кожуха в конструкции турбонаддувочного агрегата применяется для

...

- 1) защиты от пыли;
- 2) снижения нагрева воздуха от выхлопных газов;
- 3) улучшения аэродинамических параметров газа;
- 4) улучшения дизайна турбокомпрессора.

28. Охлаждать наддувочный воздух необходимо с целью ...

- 1) увеличения удельного объема;
- 2) увеличения массы в одном объеме и улучшения процесса сгорания топлива;
- 3) снижения температуры подшипников турбокомпрессора.

29. Рабочие процессы, протекающие в активной степени турбины в сопловых лопатках...

- 1) скорость газа не изменяется, в рабочих лопатках скорость газа растет;
- 2) и рабочих лопатках скорость не изменяется;
- 3) и рабочих лопатках скорость газа растет;
- 4) скорость газа растет, в рабочих лопатках скорость газа не изменяется.

30. Длительный крен должны выдерживать главные и вспомогательные турбомашины на судах, не относящиеся к танкерам ... градусов

- 1) 10
- 2) 15
- 3) 25
- 4) нет никаких ограничений.

ВАРИАНТ №2

1. Рабочие процессы, протекающие в реактивной степени турбины в сопловых лопатках ...

- 1) скорость газа не изменяется, в рабочих лопатках скорость газа растет;
- 2) и рабочих лопатках скорость не изменяется;
- 3) и рабочих лопатках скорость газа растет;
- 4) скорость газа растет, в рабочих лопатках скорость газа не изменяется.

2. Основные параметры пара, как рабочего тела турбины высокого давления

- 1) давление = 1,0 – 3,0 МПа, пар сухой насыщенный или слабо перегретый;
- 2) давление = 5,0 – 6,0 МПа; температура = 450 - 500°С;
- 3) давление более 6,0 МПа; температура более 500°С.

3. Ступени турбины выше КПД у ...

- 1) активной;
- 2) реактивной
- 3) комбинированной

4. Основные виды безразборной очистки газотурбонагнетателя применяемые на современных ДВС (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) механическая;
- 2) ультразвуковая;
- 3) водяная;
- 4) твердым органическим очистителем;
- 5) воздушная.

5. Перечислить основные причины возникновения помпажа у лопаточных компрессоров (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) повышенное сопротивление газоздушного тракта;
- 2) повышение температуры наддувочного воздуха;
- 3) недостаточное количества и давления масла в системе;

- 4) низкое атмосферное давление воздуха;
- 5) инородное тело в проточной части компрессора;
- 6) сильное загрязнение проточной части и лопаток компрессора.

6. Компрессоры, применяемые в системе наддува ДВС

- 1) лопаточные осевые;
- 2) лопаточные центробежные;
- 3) объемные поршневые;
- 4) объемные ротационные.

7. Теплоперепад выше у турбинной ступени

- 1) у активной;
- 2) у реактивной
- 3) у комбинированной

8. Компрессоры, применяемые в газотурбинных установках

- 1) лопаточные осевые;
- 2) лопаточные центробежные;
- 3) объемные поршневые;
- 4) объемные ротационные.

9. Подшипники газотурбонагнетателя выполняемые опорно-упорную функцию

- 1) подшипник у газовой турбины;
- 2) подшипник у воздушного центробежного компрессора;
- 3) оба подшипника

10. Основные параметры ДВС ухудшающиеся вследствие загрязнения турбокомпрессора системы наддува ДВС

- 1) обороты колен вала, КПД, мощность;
- 2) давление наддува, удельный расход топлива, температура газа;
- 3) температура выхлопных газов, обороты турбокомпрессора, степень сжатия;
- 4) температура и давление масла, КПД, обороты колен вала.

11. Отличие подшипников скольжения и качения на турбокомпрессорах (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) конструкцией;
- 2) системой смазки;
- 3) ничем;
- 4) окраской.

12. Параметры, изменяющиеся вследствие загрязнения воздухоохладителя (водяной и воздушной полостей)

- 1) скорость хода судна;
- 2) температура наддувочного воздуха;
- 3) давление наддувочного воздуха;
- 4) удельный расход топлива;
- 5) температура и давление наддувочного воздуха, удельный расход топлива.

13. ДВС при запуске которых необходим дополнительный источник наддувочного воздуха (из теории работы двух и четырехтактных ДВС)

- 1) двухтактный;
- 2) четырёхтактный
- 3) ни у каких

14. Перечислить основные меры по предупреждению помпажа у лопаточных компрессоров (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) систематическая очистка турбокомпрессора;
- 2) контроль за исправностью воздухоохладителя;
- 3) не требуются никакие меры;
- 4) тщательный контроль за параметрами атмосферного воздуха;

5) контроль за температурой выпускных газов.

15. Мощность при которой ДВС допускаются безразборная промывка водой компрессорной части турбокомпрессора

- 1) на максимальной;
- 2) на минимальной;
- 3) на 0,8 от максимальной;
- 4) на 0,2 от максимальной.

16. Мощность ДВС при которой допускаются безразборная промывка водой газовой турбины турбокомпрессора

- 1) на максимальной;
- 2) на минимальной;
- 3) на 0,8 от максимальной;
- 4) на 0,2 от максимальной.

17. Чрезмерное охлаждение наддувочного воздуха опасно для

- 1) снижением мощности ДВС;
- 2) повышением расхода топлива;
- 3) появление влаги в воздухе при достижении точки росы;
- 4) резким снижением температуры газа в цилиндре.

18. Длительный крен должны выдерживать механизмы и оборудование аварийного назначения на судах, не относящиеся к танкерам ... градусов

- 1) 10
- 2) 15
- 3) 22,5
- 4) нет никаких ограничений.

19. Конструктивная мера может быть применена для снижения вероятности возникновения помпажа у воздушного центробежного компрессора

- 1) надежный и прочный корпус компрессора;
- 2) наличие лабиринтовых уплотнений в масляной системе;
- 3) наличие противопомпажного клапана;
- 4) надежное крепление турбокомпрессора к ДВС;
- 5) наличие термического зазора в подшипнике у газовой турбины.

20. Причины увеличения противодействия на выходе из турбокомпрессора ΔРвых (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) низкое атмосферное давление;
- 2) повышенное загрязнение газовыхлопного тракта за турбокомпрессором;
- 3) установка утилькотла и фильтров;
- 4) высокая мощность ДВС.

21. Отличие активной и реактивной ступень турбомашин

- 1) только формой сопловых лопаток;
- 2) только формой рабочих лопаток;
- 3) формой сопловых и рабочих лопаток;
- 4) ничем не отличается.

22. Вспомогательные турбомашин применяются в (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) паровые насосы;
- 2) паротурбинные вентиляторы в паротурбинных энергетических установках;
- 3) в качестве главного двигателя;
- 4) в главных турбозубчатых агрегатах;
- 5) в качестве турбомашин в паротурбогенераторах и газотурбогенераторах.

23. Первый этап отечественного турбостроения характерен

- 1) 1883-1890 шведский инженер Лаваль построил одноступенчатую активную паро-

вую турбину;

- 2) в СССР профессор Маяковский построил газовую турбину;
- 3) в 1904 г на яхте Ласточка построена паровая машина;
- 4) в 1896 в США инженер Кертис построил многоступенчатую реактивную паровую

турбину;

- 5) в 1806-1823 Петр Залесов построил модель паровой машины.

24. Термин «турбина» это

- 1) турбо – завихритель вращающийся с небольшой скоростью;
- 2) турбина – двигатель, работающий по принципу кривошипно-шатунного механизма;
- 3) турбо – вихрь, вращение с большой скоростью;
- 4) турбина – быстровращающийся винт.

25. Перечислите основные элементы простейшей одноступенчатой турбины

- 1) вал, диск, поршень, рабочие и сопловые лопатки;
- 2) вал, диск с рабочими лопатками, сопловые лопатки, два подшипника;
- 3) статор и ротор;
- 4) вал, диск с рабочими лопатками, сопловые лопатки.

26. Выбрать наиболее точное определение паровой турбины

- 1) паровой турбиной (от лат. turbo - вихрь, вращение с большой скоростью) называется тепловой ротативный двигатель, в котором тепловая энергия водяного пара, нагретого под давлением, преобразуется в механическую работу вращающегося вала.
- 2) паровой турбиной (от лат. turbo - вихрь, вращение с большой скоростью) называется тепловой ротативный двигатель, в котором внутренняя энергия газа, преобразуется в механическую работу вращающегося вала.
- 3) паровой турбиной называется тепловой ротативный двигатель, в котором потенциальная энергия пара, преобразуется в конденсат.

27. Определение «абсолютная скорость» это скорость ...

- 1) вращения рабочего колеса;
- 2) потока рабочего тела;
- 3) движения рабочего тела, относительно движущихся рабочих лопаток;
- 4) вращения сопловых лопаток;

28. Реактивная ступень турбины имеет КПД выше чем активная по причине, в реактивной ступени ...

- 1) срабатывает больший теплоперепад, значит больше потерь;
- 2) срабатывает меньший теплоперепад, а значит меньше потерь;
- 3) срабатывает меньший теплоперепад, а значит больше потерь;
- 4) меньше КПД, чем в активной;

29. На главных двигателях применяются турбины

- 1) активные;
- 2) реактивные;
- 3) активно-реактивные;
- 4) ступени турбины Кертиса.

30 Крепление рабочих лопаток паровых турбин обеспечивает безопасную эксплуатацию в целом судовых турбомашин

- 1) в виде «ласточкина хвоста»;
- 2) в виде «елочки»;
- 3) сварное крепление;
- 4) методом развальцовки.

ВАРИАНТ №3

1. Назвать идеальный цикл ГТУ

- 1) расширение, охлаждение рабочего тела, сжатие, подвод тепла (сгорание топлива);

- 2) сжатие, подвод тепла (сгорание топлива); расширение, охлаждение рабочего тела;
- 3) сжатие, расширение, подвод тепла (сгорание топлива), охлаждение рабочего тела;
- 4) подвод тепла (сгорание топлива), охлаждение рабочего тела, сжатие, расширение;
- 5) расширение, сжатие, подвод тепла (сгорание топлива), охлаждение рабочего тела.

2. Основные функции в паротурбинных энергетических установках выполняет деаэраторы, функцию ... (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) теплого ящика – аккумулятора питательной воды;
- 2) подогревателя питательной воды (смесительного типа);
- 3) для удаления воздуха из питательной воды;
- 4) обессоливания питательной воды;
- 5) введения присадок в питательную воду.

3. Назвать основные функции главного конденсатора ПТУ (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) обессоливания питательной воды;
- 2) охлаждение пара и превращение в конденсат;
- 3) создание вакуума;
- 4) удаление воздуха из конденсата;
- 1) введение присадок.

4. В ГТУ применяются сепараторы масла и топлива (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) очистка от механических примесей;
- 2) отделение воды;
- 3) смешение различных марок масла и топлива;
- 4) введение различных присадок
- 5) дополнительная емкость масла и топлива.

5. Судовые энергетические установки с высоким КПД

- 1) ДЭУ
- 2) КТЭУ
- 3) ПТЭУ
- 4) ЯЭУ
- 5) Комбинированные ЭУ.

6. Судовые энергетические установки с высокой удельной массой

- 1) ДЭУ
- 2) КТЭУ
- 3) ПТЭУ
- 4) ЯЭУ
- 5) Комбинированные ЭУ

7. Жидкость в парогенераторе ЯЭУ при высоких температурах (более 150°) не кипит (несколько вариантов правильного ответа) потому в жидкость ...

- 1) первого контура имеет специальный химический состав;
- 2) находится под большим давлением;
- 3) добавлена соль;
- 4) добавлены присадки по жесткости.

8. Охлаждение лопаток ГТУ обеспечивается

- 1) водой;
- 2) маслом;
- 3) воздухом;
- 4) специальной охлаждающей жидкостью.

9. Параметры аварийная защита ГТУ и отсекается подача топлива к двигателю (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) минимальное давления топлива в системе двигателя;

- 2) падение давления масла ниже критической в системе двигателя;
- 3) превышение оборотов ротора силовой газовой турбины;
- 4) превышение оборотов роторов;
- 5) при резком изменении погодных условий.

10. Комбинированные энергетические установки, применяемые на современных судах и военных кораблях (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) ЯЭУ и ПТЭУ
- 2) ДЭУ и ГТЭУ
- 3) ПТЭУ и ГТЭУ
- 4) водородные и ЯЭУ
- 5) электрические и ПТЭУ

11. Виды наддува, применяемые в ДВС (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) механический;
- 2) газотурбинный;
- 3) комбинированный;
- 4) независимый;
- 5) химический.

12. Виды безразборной очистки газотурбонагнетателя применяемые на современных ДВС (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) механическая;
- 2) ультразвуковая;
- 3) водяная;
- 4) твердым органическим очистителем;
- 5) воздушная.

13. Степень сжатия воздушного компрессора — это отношение давления...

- 1) воздуха за компрессором к давлению перед компрессором;
- 2) воздуха перед компрессором к давлению за компрессором;
- 3) к температуре наддувочного воздуха

14. Степень сжатия одной ступени лопаточного центробежного компрессора

- 1) 5,5 – 7,5
- 2) 1,15 – 1,25;
- 3) около 4,5;
- 4) 0,15 – 0,55

15. Степень сжатия одной ступени лопаточного осевого компрессора

- 1) 5,5 – 7,5
- 2) 1,15 – 1,25;
- 3) около 4,5;
- 4) 0,15 – 0,55

16. Наддувочный воздух охлаждается с целью ...

- 1) увеличения удельного объема;
- 2) увеличения массы в одном объеме и улучшения процесса сгорания топлива;
- 3) снижения температуры подшипников турбокомпрессора.

17. Компрессоры в системе наддува ДВС применяются

- 1) лопаточные осевые;
- 2) лопаточные центробежные;
- 3) объемные поршневые;
- 4) объемные ротационные.

18. Компрессоры в газотурбинных установках применяются

- 1) лопаточные осевые;
- 2) лопаточные центробежные;

- 3) объемные поршневые;
- 4) объемные ротационные.

19. Экран кожуха в турбокомпрессоре необходим для ...

- 1) защиты от пыли;
- 2) снижения нагрева воздуха от выхлопных газов;
- 3) улучшения аэродинамических параметров газа;
- 4) улучшения дизайна турбокомпрессора.

20. Опорно-упорную функцию выполняют подшипник ...

- 1) у газовой турбины;
- 2) у воздушного центробежного компрессора;
- 3) оба

21. Аварийная защита ГТУ включается при (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) минимальное давления топлива в системе двигателя;
- 2) минимальное давления масла в системе двигателя;
- 3) превышение оборотов ротора силовой газовой турбины;
- 4) превышение оборотов роторов компрессоров;
- 5) при резком изменении погодных условий.

22. Дозированное поступление пара в турбину обеспечивается (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) предохранительным клапаном;
- 2) байпасным клапаном;
- 3) приводом управления;
- 4) обоймой диафрагмы
- 5) сопловым клапаном.

23. Температура застывания турбинного масла минус ... °С

- 1) 10;
- 2) 15;
- 3) 6;

24. Основные потребители пара в аварийной ситуации могут быть отключены во время эксплуатации ПТУ

- 1) парогенераторы;
- 2) паровые масляные насосы;
- 3) паровые машинные вентиляторы;
- 4) главные турбины;
- 5) паровые питательные насосы.

25. Должны выдерживать главные и вспомогательные турбомашины на судах, не относящиеся к танкерам длительный крен ... градусов

- 1) 10;
- 2) 15 ;
- 3) 25 ;
- 4) нет никаких ограничений.

26. Должны выдерживать механизмы и оборудование аварийного назначения на судах, не относящиеся к танкерам длительный крен ... градусов

- 1) 10;
- 2) 15 ;
- 3) 22,5 ;
- 4) нет никаких ограничений.

27. Основные параметры ДВС ухудшающиеся вследствие загрязнения турбокомпрессора системы наддува ДВС

- 1) обороты колен вала, КПД, мощность;

- 2) давление наддува, удельный расход топлива, температура газа;
- 3) температура выхлопных газов, обороты турбокомпрессора, степень сжатия;
- 4) температура и давление масла, КПД, обороты колен вала.

28. Параметры, изменяемые вследствие загрязнения воздухоохладителя (водяной и воздушной полостей)

- 1) скорость хода судна;
- 2) температура наддувочного воздуха;
- 3) давление наддувочного воздуха;
- 4) удельный расход топлива;
- 5) температура и давление наддувочного воздуха, удельный расход топлива.

29. Дополнительный источник наддувочного воздуха требуется на ДВС (из теории работы двух и четырехтактных ДВС)

- 1) двухтактный;
- 2) четырёхтактный
- 3) никаких

30. Перечислить основные причины возникновения помпажа у лопаточных компрессоров (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) повышенное сопротивление газоздушного тракта;
- 2) повышение температуры наддувочного воздуха;
- 3) недостаточное количества и давления масла в системе;
- 4) низкое атмосферное давление воздуха;
- 5) инородное тело в проточной части компрессора;
- 6) сильное загрязнение проточной части и лопаток компрессора.

Приложение № 4

Тестовые задания по курсовой работе дисциплины

1. Характеристики подбора типового турбокомпрессора по ... (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) максимальной температуре газа перед турбиной;
- 2) мощности турбокомпрессора;
- 3) объемному расходу воздуха через компрессор;
- 4) степени повышения давления;
- 5) размерам машинного отделения.

2. Формулировка помпажа воздушного центробежного компрессора (дать определение)

.....

3. Конструктивная мера может быть применена для снижения вероятности возникновения помпажа у воздушного центробежного компрессора в следующих случаях

- 1) надежный и прочный корпус компрессора;
- 2) наличие лабиринтовых уплотнений в масляной системе;
- 3) наличие противопомпажного клапана;
- 4) надежное крепление турбокомпрессора к ДВС;
- 5) наличие термического зазора в подшипнике у газовой турбины.

4. Виды наддува, применяемые в современных ДВС (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) механический;
- 2) газотурбинный;
- 3) комбинированный;
- 4) независимый;
- 5) химический.

5. Виды безразборной очистки газотурбоагнетателя применяемые на современных ДВС (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) механическая;
- 2) ультразвуковая;
- 3) водяная;
- 4) твердым органическим очистителем;
- 5) воздушная.

6. Назовите расчетное количество моющего раствора (Т1 и Т2) для промывки компрессора (назвать расчетные цифры из курсовой работы)

.....

7. Назовите расчетное количество моющего раствора (Т1 и Т2) для промывки турбины (назвать расчетные цифры из курсовой работы)

.....

8. Степень сжатия воздушного компрессора — это отношение давления ...

- 1) воздуха за компрессором к давлению перед компрессором;
- 2) воздуха перед компрессором к давлению за компрессором;
- 3) к температуре наддувочного воздуха

9. Степень сжатия одной ступени лопаточного центробежного компрессора

- 1) 5,5 – 7,5
- 2) 1,15 – 1,25;
- 3) около 4,5;
- 4) 0,15 – 0,55;
- 5) 7,5 – 15,5.

10. Покажите на схеме и ответьте для чего в конструкции турбонаддувочного аг-

регата применяется экран кожуха для ...

- 1) защиты от пыли;
- 2) снижения нагрева воздуха от выхлопных газов;
- 3) улучшения аэродинамических параметров газа;
- 4) улучшения дизайна турбокомпрессора.

11. Цель охлаждения наддувочного воздуха

- 1) увеличения удельного объема воздуха;
- 2) увеличения массы в одном объеме и улучшения процесса сгорания топлива;
- 3) снижения температуры подшипников турбокомпрессора;
- 4) увеличения влажности воздуха.

12. Покажите на схеме и ответьте на вопрос какой из подшипников газотурбонагнетателя выполняет опорно-упорную функцию?

- 1) подшипник у воздушного центробежного компрессора;
- 2) подшипник у газовой турбины;
- 3) оба подшипника;
- 4) ни один.

13. Основное отличие подшипников скольжения и качения на турбокомпрессорах (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) конструкцией;
- 2) системой смазки;
- 3) ничем;
- 4) окраской.

14. Причины загрязнения воздушного фильтра и увеличения противодавления на входе в турбокомпрессор $\Delta P_{вх}$ (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) качка судна;
- 2) загрязненный воздух машинного отделения;
- 3) повышенное атмосферное давление;
- 4) масляные и топливные пары в воздухе машинного отделения;
- 5) высокая температура машинного отделения.

15. Причины увеличения противодавления на выходе из турбокомпрессора $\Delta P_{вых}$ (несколько вариантов правильного ответа)

- 1) низкое атмосферное давление;
- 2) повышенное загрязнение газовыхлопного тракта за турбокомпрессором;
- 3) установка утилькотла и фильтров;
- 4) высокая мощность ДВС.

16. Безразборная промывка водой компрессорной части турбокомпрессора допускается на ... мощности ДВС:

- 1) максимальной;
- 2) минимальной;
- 3) 0,8 от максимальной;
- 4) 0,2 от максимальной.

17. Безразборная промывка водой газовой турбины турбокомпрессора допускается на ... мощности ДВС

- 1) максимальной;
- 2) минимальной;
- 3) 0,8 от максимальной;
- 4) 0,2 от максимальной.

18. Расшифруйте аббревиатуру ТООЧ, связанный с безразборной очисткой газовой турбины турбокомпрессора

- 1) точечная очистка отдельных частей;
- 2) твердый органический очиститель;

- 3) тройная очистка водой;
- 4) только очистка одной части.

19. Загрязнение турбокомпрессора влияет на параметры ДВС:

- 1) обороты колен вала, КПД, мощность;
- 2) давление наддува, удельный расход топлива, температура газа;
- 3) температура выхлопных газов, обороты турбокомпрессора, степень сжатия;
- 4) температура и давление масла, КПД, обороты колен вала.

20. Сильное загрязнение водяной и воздушной полостей воздухоохладителя наддувочного воздуха влияет

- 1) только на резкое уменьшение мощности ДВС;
- 2) на резкое увеличение расхода топлива;
- 3) на снижение давления наддува и увеличение температуры наддувочного воздуха;
- 4) только на резкое увеличение температуры выхлопных газов.