



## 1. Цели освоения учебной дисциплины

Целью преподавания дисциплины «Судовые двигатели внутреннего сгорания» является подготовить специалиста, владеющего основными положениями теории двигателей внутреннего сгорания, умеющего использовать эти знания для решения практических задач, осваивать новые типы двигателей, оценивать их энерго-экономические характеристики и обеспечивать их оптимальную эксплуатацию.

Задачами дисциплины являются:

- изучить теорию рабочего процесса, газообмена и наддува;
- изучить методы, позволяющие оценивать и оптимизировать работу систем топливоподачи и воздухообмена;
- научить пользоваться современными средствами исследования и диагностики процессов судовых дизелей.

## 2. Место учебной дисциплины в структуре ОП ВО

Учебная дисциплина "Судовые двигатели внутреннего сгорания " относится к блоку 1 "Профессиональный цикл" и входит в его базовую часть.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОК-12	способностью научно анализировать социально-значимые проблемы и процессы, умением использовать на практике методы гуманитарных, социальных и экономических наук в различных видах профессиональной и социальной деятельности
ОК-17	владением основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации, умением использовать ресурсы Интернет
ПК-2	способностью и готовностью к самостоятельному обучению в новых условиях производственной деятельности с умением установления приоритетов для достижения цели в разумное время
ПК-4	способностью и готовностью быстро идентифицировать и оценить риски, принять правильное решение
ПК-6	способностью и готовностью исполнять установленные функции в аварийных ситуациях, по охране труда, медицинскому уходу и выживанию
ПК-7	в эксплуатационно-технологической и сервисной деятельности: способностью и готовностью осуществлять безопасное техническое использование, техническое обслуживание и ремонт судов и их механического и электрического оборудования в соответствии с международными и национальными требованиями
ПК-8	способностью и готовностью выполнять диагностирование судового механического и электрического оборудования
ПК-9	способностью и готовностью осуществлять выбор оборудования, элементов и систем оборудования для замены в процессе эксплуатации судов
ПК-10	способностью и готовностью осуществлять разработку эксплуатационной документации
ПК-15	способностью применять базовые знания фундаментальных и

	<p>профессиональных дисциплин, осуществлять управление качеством изделий, продукции и услуг, проводить технико-экономический анализ в области профессиональной деятельности, обосновывать принимаемые решения по технической эксплуатации судового оборудования, умеет решать на их основе практические задачи профессиональной деятельности</p>
ПК-18	<p>способностью и готовностью осуществлять организацию работы коллектива в сложных и критических условиях, осуществлять выбор, обоснование, принятия и реализации управленческих решений в рамках приемлемого риска</p>
ПК-22	<p>способностью и готовностью сформировать цели проекта (программы), разработать обобщенные варианты ее решения, выполнить анализ этих вариантов, прогнозирование последствий, нахождение компромиссных решений</p>
ПК-25	<p>в производственно-технологической деятельности: способностью определять производственную программу по техническому обслуживанию, ремонту и другим услугам при эксплуатации или изготовлении судов и судового оборудования в соответствии с существующими требованиями</p>
ПК-26	<p>способностью и готовностью осуществлять монтаж, наладку, техническое наблюдение судовой техники, эффективно использовать материалы, оборудование, соответствующие алгоритмы и программы расчетов параметров технологических процессов</p>
ПК-27	<p>способностью и готовностью организовать и эффективно осуществлять контроль качества запасных частей, комплектующих изделий и материалов, производственный контроль технологических процессов, качества продукции, услуг и конструкторско-технологической документации</p>
ПК-28	<p>способностью и готовностью обеспечить экологическую безопасность эксплуатации, хранения, обслуживания, ремонта и сервиса судов и судового оборудования, безопасные условия труда персонала в соответствии с системой национальных и международных требований</p>
ПК-32	<p>способностью разрабатывать планы, программы и методики проведения исследований объектов профессиональной деятельности</p>

#### **4. Общая трудоемкость дисциплины составляет**

7 зачетных единиц (252 ак. ч.).

#### **5. Образовательные технологии**

Для реализации познавательной и творческой активности обучающихся в учебном процессе используются современные образовательные технологии, дающие возможность повышать качество образования, более эффективно использовать аудиторное время. В процессе обучения используются методы классического и проблемного обучения. 100% занятий семинарского типа представляют собой занятия с элементами проблемного обучения. Лекции проводятся в традиционной классно-урочной организационной форме, по типу управления познавательной деятельностью. Практические занятия организованы с использованием технологий развивающего обучения, разбор конкретных ситуаций. Для контроля знаний проводятся опросы, выполнение курсовой работы. При изучении курса предусмотрены различные формы контроля усвоения материала: в конце практических занятий (семинарского типа) проводятся опросы (письменные и устные) с целью выявления уровня усвоения материала дисциплины, возможность написания исследовательской работы (доклада, реферата и т.д.).

#### **6. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)**

##### **РАЗДЕЛ 1**

Принцип действия и основы конструкции судовых дизелей.

- 1.1. Схемы и принцип действия четырех и двухтактных дизелей. Индикаторные диаграммы и диаграммы фаз газораспределения.
- 1.2. Кинематика кривошипно-шатунного механизма, путь, скорость, ускорение поршня.
- 1.3. Основы конструкции судовых дизелей. Классификация судовых дизелей. Маркировка судовых дизелей.

##### **РАЗДЕЛ 2**

Теоретические и рабочие циклы.

- 2.1. Идеальные (теоретические) циклы двигателей внутреннего сгорания, основы понятия. Теоретический цикл комбинированного двигателя. Показатели эффективности и экономичности циклов – среднее давление циклов и теоретический КПД. Сравнение теоретических циклов при различных способах подвода теплоты, различных степенях сжатия.
- 2.2. Расчетные и рабочие циклы двухтактного и четырехтактного дизелей.

##### **РАЗДЕЛ 3**

Рабочие процессы в цилиндре

- 3.1. Газообмен и наполнение цилиндра свежим зарядом. Организация газообмена в четырехтактном и двухтактном дизелях. Определение массы свежего воздуха и массы заряда (рабочего тела) в цилиндре в конце наполнения. Коэффициенты наполнения и остаточных газов, выражение коэффициента наполнения, анализа потерь при наполнении. Влияние влажности атмосферного воздуха. Определение параметров заряда цилиндра в конце наполнения.
- 3.2. Процесс сжатия. Теплообмен в процессе сжатия. Оценка показателя политропы процесса сжатия. Действительная и геометрическая степень сжатия. Выбор степени сжатия для дизелей. Влияние наддува, конструкции камеры сгорания, состояния деталей ЦПГ и эксплуатационных факторов на параметры заряда в конце сжатия. Протекание процесса сжатия при пуске холодного двигателя.
- 3.3. Термодинамические основы процесса сгорания. Схематизация процесса сгорания в расчетном цикле. Определение теоретической массы воздуха, необходимой для сгорания

топлива. Коэффициент избытка воздуха при сгорании. Состав продуктов сгорания. Молекулярные изменения рабочего тела в процессе сгорания. Степень повышения давления и выбор максимального давления цикла. Тепловыделение и использование теплоты в процессе сгорания. Определение максимальной температуры цикла. Уравнение сгорания Гриневецкого-Мазинга. Степень предварительного расширения.

3.4. Процесс расширения. Связь с процессом сгорания. Влияние теплообмена и коэффициента использования теплоты на показатель политропы расширения. Догорание топлива на линии расширения. Параметры рабочего тела в начале выпуска. Влияние эксплуатационных факторов на процесс расширения.

## РАЗДЕЛ 4

Процессы топливоподачи, смесеобразования и сгорания в дизелях.

4.1. Система топливоподачи и процесс топливоподачи. Топливные насосы высокого давления (ТНВД), форсунки. Основные параметры и характеристики процесса впрыскивания (закон подачи). Влияние закона подачи топлива на рабочие процессы в цилиндре дизеля. Дозирование цикловой подачи топлива и способы ее регулирования топливными насосами высокого давления. Факторы, влияющие на давление впрыскивания. Влияние технического состояния топливной аппаратуры на процессы топливоподачи и сгорания. Системы топливоподачи с электронным управлением впрыском, их преимущества с точки зрения возможности улучшения экономических и экологических показателей судовых дизелей.

4.2. Распыливание топлива. Топливный факел. Характеристики распыливания. Качество распыливания топлива. Факторы, влияющие на качество распыливания топлива.

4.3. Камеры сгорания и способы смесеобразования. Формы камер сгорания при объемном способе смесеобразования. Объемно-пленочное смесеобразование. Предкамерное и вихрекамерное смесеобразование. Преимущества и недостатки различных способов смесеобразования.

4.4. Физические основы процессов воспламенения и сгорания. Условное деление процессов на фазы на развернутой индикаторной диаграмме. Образование горючей смеси и воспламенение. Период задержки воспламенения, его связь с условиями в камере сгорания при впрыскивании и групповым химическим составом топлива. Показатели самовоспламеняемости топлив - цетановое число, дизельный индекс, содержание ароматических углеводородов в топливе. Процесс сгорания, его основные фазы, физика явлений при сгорании. Влияние эксплуатационных факторов на процесс сгорания, эффективность и экономичность рабочего цикла. Образование токсичных компонентов в камере сгорания дизеля. Методы снижения эмиссии окислов азота с отработавшими газами. Требования международной конвенции МАРПОЛ 73/78 (Приложение VI) и Технического Кодекса по ограничению выбросов Nox судовыми дизелями.

## РАЗДЕЛ 5

Процессы газообмена

5.1. Показатели качества газообмена. Схема массового баланса газов в процессе газообмена в цилиндре дизеля. Определение показателей качества газообмена: коэффициентов остаточных газов, наполнения, суммарного коэффициента избытка воздуха. Влияние загрязнения трактов и других эксплуатационных факторов на качество газообмена на энергетические показатели дизеля.

5.2. Газообмен четырехтактных дизелей. Схема газообмена. Фазы газораспределения и периоды газообмена. Газовоздушный тракт, впускные и выпускные клапаны, механизм газораспределения.

5.3. Газообмен двухтактных дизелей. Схемы газообмена двухтактных дизелей. Фазы газораспределения. Теоретически необходимое и располагаемое время-сечение. Периоды газообмена. Оценка пропускной способности органов газообмена. Характер изменения давления в ресивере, цилиндре и выпускном коллекторе в период газообмена. Заброс газов в ресивер и его влияние на работу дизеля. Способы изменения заброса газов.

## РАЗДЕЛ 6

Основы численного моделирования рабочих процессов дизелей.

Цели и задачи математического моделирования. Применение математического моделирования для целей диагностирования и оптимизации рабочих процессов дизелей.

Основы расчетов параметров рабочих процессов, эффективных, экономических и экологических показателей дизеля на ЭВМ. Математическое моделирование рабочих процессов в цилиндре дизеля.

## РАЗДЕЛ 7

Энергетические и экономические показатели работы дизелей.

7.1. Индикаторные диаграммы. Индикаторная диаграмма рабочего цикла четырехтактного дизеля. Диаграмма насосных ходов. Индикаторная диаграмма рабочего цикла двухтактного дизеля. Доля потеряннного хода. Развернутая диаграмма. Способы записи и построения индикаторных диаграмм. Диаграмма расчетного цикла. Предполагаемая индикаторная диаграмма. Коэффициент скругления индикаторной диаграммы.

7.2. Индикаторные показатели. Работа цикла. Среднее индикаторное давление. Способы определения среднего индикаторного давления. Среднее давление по времени. Индикаторная мощность дизеля. Контроль распределения мощности многоцилиндрового дизеля. Индикаторный КПД. Удельный индикаторный расход топлива.

7.3. Эффективные показатели. Эффективная мощность дизеля. Крутящий момент. Механический КПД. Среднее эффективное давление. Эффективный КПД. Удельный эффективный расход топлива. Связь между индикаторными и эффективными показателями. Факторы, влияющие на мощность и экономичность судовых дизелей.

7.4. Тепловой баланс судового дизеля. Внешний тепловой баланс судового дизеля. Основные составляющие теплового баланса. Схема теплового баланса. Изменение теплового баланса в зависимости от нагрузки дизеля.

## РАЗДЕЛ 8

Динамика и уравнивание.

8.1. Силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме.

8.2. Причины вибрации дизеля. Силы давления газов. Силы тяжести поступательно движущихся масс. Силы инерции поступательно движущихся масс. Центробежные силы инерции неуравновешенных вращающихся масс. Движущая сила, действующая на поршень.

8.3. Диаграммы сил, действующих в одном цилиндре дизеля. Нормальная сила. Касательная сила. Вращающий и опрокидывающий моменты. Диаграмма суммарных касательных сил многоцилиндрового рядного и V-образного дизелей. Неравномерность вращения коленчатого вала дизеля. Степень неравномерности вращения вала. Маховик. Радиальная сила и ее действие на подшипники.

8.4. Анализ уравниваемости сил и моментов сил инерции вращающихся и поступательно движущихся масс дизеля. Оценка степени уравниваемости дизеля.

8.5. Действие неуравновешенного дизеля на его фундамент и корпус судна. Способы уравнивания сил моментов и сил инерции вращающихся в поступательно движущихся массах судовых дизелей. Амортизаторы. Внутренняя уравниваемость. Действие внутренних сил и моментов на остов двигателя и подшипники.

## РАЗДЕЛ 10

Крутильные колебания валопроводов

9.1. Упругие крутильные колебания валопроводов и влияние их на механическую напряженность коленчатого вала. Свободные крутильные колебания валопроводов.

Вынужденные и резонансные колебания валопроводов. Определение резонансных частот вращения.

9.2. Экспериментальное исследование крутильных колебаний валопроводов. Требования

Регистра к ограничениям крутильных колебаний валопроводов. Определение запретных зон оборотов дизеля. Способы устранения опасных крутильных колебаний. Демпферы крутильных колебаний и антивибраторы. Осевые колебания коленчатых валов. Демпферы осевых колебаний.

## РАЗДЕЛ 10

Диф. зачёт

## РАЗДЕЛ 11

Наддув судовых дизелей

10.1. Наддув как средство повышения мощности и экономичности дизелей. Влияние наддува на параметры рабочего цикла, показатели эффективности, экономичности и напряженности. Способы наддува.

10.2. Газотурбинный наддув. Комбинированный наддув. Принципы использования энергии газов в газовых турбинах турбокомпрессоров и в силовых турбокомпаундных турбинах.

10.3. Наддув четырехтактных дизелей. Особенности наддува четырехтактных дизелей. Схемы систем наддува четырехтактных дизелей. Схемы выпускных коллекторов многоцилиндровых дизелей.

Наддув двухтактных дизелей. Особенности наддува двухтактных дизелей.

10.4. Схемы систем газотурбинного и комбинированного наддува двухтактных судовых дизелей. Принцип использования для сжатия воздуха подпоршневых полостей цилиндров. Энергетический баланс системы наддува. Подача компрессора. Мощность, развиваемая турбиной. Давление газов перед газовой турбиной.

## РАЗДЕЛ 12

Механическая напряженность судовых дизелей

11.1. Энерго-экономические показатели. Связь с режимными параметрами, характеристиками, подачи топлива, воздухоснабжения и качеством индикаторного процесса. Анализ выражения мощности дизеля в общем виде.

11.2. Показатели механической нагруженности дизеля. Их связи с динамикой процесса сгорания, силами инерции и режимными параметрами.

## РАЗДЕЛ 13

Теплонапряженность судовых дизелей.

12.1. Теплонапряженность дизеля и показатели ее определяющие. Характерные температуры, влияющие на физико-механические свойства материала, температурные напряжения, коррозию, износы деталей ЦПГ, состояние поршневых колец. Влияние режимных факторов и отложений на температурные перепады в стенках.

12.2. Обобщенные показатели теплонапряженности: тепловая нагрузка цилиндра и температура выпускных газов. Влияние наддува, конструкции и режимных параметров на тепловую нагрузку и температуру деталей ЦПГ. Современные методы контроля теплонапряженности судовых дизелей в эксплуатации.

## РАЗДЕЛ 14

Техническая эксплуатация судовых дизелей

13.1. Техническая эксплуатация судовых дизелей и ее составление. Задачи и формы технического использования дизелей на судах при непрерывном вахтенном обслуживании. Изучение правил технической эксплуатации и заводских инструкций исходная нормативная база обеспечения эффективной и безопасной работы судовых дизелей.

13.2. Техничко-эксплуатационные показатели и тепломеханическая нагруженность дизелей в эксплуатации.

## РАЗДЕЛ 15

Эксплуатационные характеристики и режимы работы судовых дизелей.

14.1. Понятие режима и характеристики дизеля. Виды режимов работы и основные эксплуатационные характеристики дизелей.

14.2. Нагрузочные характеристики. Условия работы дизеля по нагрузочной характеристике. Характер изменения основных параметров. Механические потери и механический КПД при работе дизеля по нагрузочной характеристике.

Причины минимизации удельного эффективного расхода топлива и построение экономической характеристики. Особенности задания нагрузочных режимов регулятором частоты вращения (регуляторная характеристика).

14.3. Скоростные характеристики. Условия работы дизеля по внешней скоростной характеристике. Изменение энерго-экономических показателей. Тепловые свойства дизеля. Тепломеханическая нагруженность при работе по внешней характеристике.

Необходимость ограничения подачи топлива и виды ограничительных характеристик по моменту и мощности.

14.4. Винтовые характеристики. Особенности работы главных дизелей на гребной винт. Закономерности изменения момента и мощности, параметров рабочего процесса, экономичности и тепломеханической нагруженности дизеля. Ограничение максимальной мощности и минимальной частоты вращения. Понятие «тяжелой» и «легкой» винтовой характеристики.

## РАЗДЕЛ 16

Переходные режимы

15.1. Подготовка дизеля к работе. Пусковые и маневренные режимы.

15.2. Динамика изменения параметров и теплового состояния дизеля на переходных режимах при разгоне и торможении судна, реверсировании гребного винта.

## РАЗДЕЛ 17

Режимы полного хода

16.1. Режимы полного хода. Области режимов длительной и ограниченной по времени работы. Режимы экономичного хода. Задание режимов полного хода при различных сопротивлениях движению судна. Использование морского и технического запасов мощности для поддержания скорости хода. Особенности задания режимов работы дизеля при волнении.

16.2. Обеспечение маневренных и ходовых режимов при работе дизеля на винт регулируемого шага.

16.3. Аварийные режимы: с неполным числом цилиндров, поврежденными турбокомпрессорами.

## РАЗДЕЛ 18

Контроль, регулирование, техническое диагностирование и испытания судовых дизелей.

17.1. Организация контроля работы дизелей. Использование автоматизированных информационных систем контроля и защиты дизеля. Контроль рабочих процессов в цилиндрах, топливных насосах и форсунках, системах воздухообеспечения и газораспределения по параметрам рабочего процесса.

17.2. Повышение уровня эксплуатации и надежности дизелей на основе диагностирования технического состояния деталей и узлов в рабочих условиях. Системы технического диагностирования. Эталонные зависимости диагностических параметров. Алгоритмы диагностирования и прогнозирования состояния дизеля и его элементов.

Диагностирование состояния турбокомпрессоров деталей ЦПГ, элементов топливной аппаратуры.

17.3. Испытания судовых дизелей: приемосдаточные, швартовные, ходовые. Техническая



эксплуатация.

## РАЗДЕЛ 19

### Заключение

Особенности и тенденции развития дизелей. Развитие конструкции, оптимизации параметров и методов автоматизированного проектирования.

Экзамен