

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»
(ВлГУ)

Институт машиностроения и автомобильного транспорта



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Динамика двигателей»

направление подготовки / специальность

13.03.03 – энергетическое машиностроение

направленность (профиль) подготовки

Двигатели внутреннего сгорания

г. Владимир

Год
2021

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Динамика двигателей» является:

- формирование знаний в области динамики поршневых двигателей внутреннего сгорания;
- ознакомление студентов со схемами преобразующих механизмов ДВС, кинематикой и динамикой кривошипно-шатунных механизмов;
- способами уравнивания сил и моментов, от которых зависят не только общий уровень вибраций, но и производительность, ресурс, надежность и точность работы энергетической установки;
- научить правильно анализировать полученные результаты расчета и выбирать оптимальные варианты по выбранным заранее критериям.

Задачи дисциплины:

- привитие навыков для определения сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме (КШМ);
- обучения методов уравнивания двигателей;
- обучения методов динамических расчетов;
- научить проводить расчеты крутильных колебаний коленчатых валов и способов обеспечения надежной работы двигателей в составе энергетических установок.
- сформировать у студентов навыков и умений по организации проведения расчетных исследований, как в процессе обучения, так и в производственных условиях.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Динамика двигателей» относится к вариативной части дисциплин, формируемая участниками образовательных отношений.

Для успешного изучения курса студенты должны быть знакомы с основными положениями следующих дисциплин: «Теоретическая механика» (разделы: условия равновесия, динамика систем), «Механика материалов и конструкций» (разделы: напряженное и деформированное состояние, главные напряжения, расчеты на прочность при одноосном и сложном напряженных состояниях), «Высшая математика» (разделы: дифференцирование и интегрирование, дифференциальные уравнения, матрицы, ряды, алгебра и дифференциальные уравнения), «Теория рабочих процессов» (циклы поршневых двигателей, эффективные показатели поршневого двигателя, изменение показателей при наддуве) информатики (использование стандартных программ Microsoft Office Excel и др.).

3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|--|--|-----------------------------------|----------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции <i>(код, содержание индикатора)</i> | Результаты обучения по дисциплине | |
| | | | |

| | | | |
|--|---|---|---|
| <p>ПК-1. Способен разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выбирать основные и вспомогательные материалы при проектировании двигателей.</p> | <p>ПК-1.1. Знает, как разрабатывается проектная и техническая документация при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выбирать основные и вспомогательные материалы при проектировании двигателей.</p> <p>ПК-1.2. Умеет разрабатывать проектную и техническую документацию при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выбирать основные и вспомогательные материалы при проектировании двигателей.</p> <p>ПК-1.3. Владеет навыками проектирования при выполнении эскизных, технических и рабочих проектов изделий, выборе основных и вспомогательных материалов при проектировании двигателей</p> | <p>Знает конкретные технические решения при создании объектов энергетического оборудования.</p> <p>Умеет применять методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.</p> <p>Владеет современными компьютерными технологиями в своей предметной области.</p> | <p>Выполнение курсового проекта по дисциплине</p> |
| <p>ПК-4. Способен проводить экспериментальные исследования с использованием автоматизированных систем регистрации и обработки информации.</p> | <p>ПК-4.1. Знает, как проводить экспериментальные исследования с использованием стандартных и специализированных автоматизированных программ регистрации и обработки информации.</p> <p>ПК-4.2. Умеет выполнять экспериментальные исследования на базе автоматизированных систем регистрации и обработки информации.</p> <p>ПК-4.3. Владеет навыками пользователя стандартных и специализированных пакетов прикладных программ по обработке результатов исследований</p> | <p>Знает, как найти необходимые исходные данные при расчете с использованием экспериментального оборудования.</p> <p>Умеет найти необходимые исходные данные при расчете с использованием экспериментального оборудования.</p> <p>Владеет современными компьютерными технологиями в своей предметной области.</p> | <p>Выполнение курсового проекта по дисциплине</p> |

4. ОБЪЕМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов

Тематический план форма обучения – очная

| № п/п | Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины | Семестр | Неделя семестра | Контактная работа обучающихся с педагогическим работником | Самостоя- | Формы текущего контроля успеваемости, |
|-------|--|---------|-----------------|---|-----------|---------------------------------------|
|-------|--|---------|-----------------|---|-----------|---------------------------------------|

| | | | | Лекции | Практические занятия | Лабораторные работы | в форме практической подготовки | | форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|----|--|---|----|--------|----------------------|---------------------|---------------------------------|------|---|
| 1 | Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Общие сведения. Кинематика поршня. | 6 | 1 | 2 | 2 | - | 8 | 2/50 | |
| 2 | Кинематика шатуна. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм со сдвоенными кинематическими связями. | 6 | 2 | 2 | - | 2 | 8 | 2/50 | |
| 3 | Динамика кривошипно-шатунного механизма. Общие сведения. Массы движущихся деталей кривошипно-шатунного механизма и их приведение. Силы инерции кривошипно-шатунного механизма. Силы давления газов. | 6 | 3 | 2 | 2 | - | 8 | 1/25 | |
| 4 | Суммарные силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме. Суммарные силы, действующие в дезаксиальном кривошипно-шатунном механизме со сдвоенными кинематическими связями. | 6 | 4 | 2 | - | 2 | 8 | 2/50 | |
| 5 | Усилия, действующие на шатунные шейки кривошипа и шатунный подшипник. Полярные диаграммы. | 6 | 5 | 2 | 2 | - | 8 | 2/50 | Рейтинг-контроль №1 |
| 6 | Усилия, действующие на коренные шейки коленчатого вала и коренной подшипник. Определение реакций, действующих на коренные шейки. | 6 | 6 | 2 | - | 2 | 8 | 1/25 | |
| 7 | Программа динамического расчета кривошипно-шатунного механизма и построение полярной диаграммы нагрузок на коренные шейки. Табличный метод построения полярной диаграммы нагрузок на коренные шейки. | 6 | 7 | 2 | 2 | - | 8 | 2/50 | |
| 8 | Крутящий момент многоцилиндрового двигателя и моменты, скручивающие шейки вал. Набегающие моменты. | 6 | 8 | 2 | - | 2 | 8 | 2/50 | |
| 9 | Влияние параметров кривошипно-шатунного механизма на показатели двигателя. Ударные нагрузки в кривошипно-шатунном механизме. | 6 | 9 | 2 | - | 2 | 8 | 2/50 | |
| 10 | Анализ уравновешенности автомобильных и тракторных двигателей. Уравновешивание центробежных сил. Общие зависимости для анализа уравновешенности поршневых двигателей. | 6 | 10 | 2 | - | 2 | 8 | - | |
| 11 | Уравновешивание однорядных | 6 | 11 | 2 | 2 | - | 8 | 2/50 | Рейтинг- |

| | | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---|---|----|-----------|-----------|-----------|------------|--------------|----------------------|
| | одноцилиндровых и двухцилиндровых двигателей. | | | | | | | | контроль №2 |
| 12 | Уравновешивание однорядных трехцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей. | 6 | 12 | 2 | - | 2 | 8 | 1/25 | |
| 13 | Уравновешивание V-образных двухцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей. | 6 | 13 | 2 | 2 | - | 8 | 2/50 | |
| 14 | Уравновешивание V-образных шестицилиндровых и восьмицилиндровых двигателей. Равномерность крутящего момента и равномерность хода. | 6 | 14 | 2 | - | 2 | 8 | 2/50 | |
| 15 | Расчет эквивалентной системы коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей. | 6 | 15 | 2 | 2 | - | 8 | 2/50 | |
| 16 | Свободные крутильные колебания. Определение частот свободных крутильных колебаний. | 6 | 16 | 2 | - | 2 | 8 | 2/50 | |
| 17 | Вынужденные крутильные колебания. | 6 | 17 | 2 | 2 | - | 8 | - | Рейтинг-контроль №3 |
| 18 | Демпфирование крутильных колебаний. Расчет демпферов крутильных колебаний. | 6 | 18 | 2 | - | 2 | 8 | 2/50 | |
| Всего за 6 семестр | | | | 36 | 18 | 18 | 144 | 29/40 | экзамен (45), |
| Наличие в дисциплине КП/КР | | | | | | | | | КП |
| Итого по дисциплине | | | | 36 | 18 | 18 | 144 | 29/40 | КП |

Содержание лекционных занятий по дисциплине

Раздел 1. Предмет и задачи динамики двигателей. Кинематика кривошипно-шатунного механизма.

Содержание темы.

Общие сведения о кинематике кривошипно-шатунного механизма. Кинематика поршня: перемещение, скорость и ускорение.

Раздел 2. Кинематика шатуна.

Содержание темы. Кинематика шатуна. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм со сдвоенными кинематическими связями.

Раздел 3. Динамика кривошипно-шатунного механизма.

Содержание темы.

Динамика кривошипно-шатунного механизма. Общие сведения. Массы движущихся деталей кривошипно-шатунного механизма и их приведение. Силы инерции кривошипно-шатунного механизма. Силы давления газов.

Раздел 4. Силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме.

Содержание темы.

Суммарные силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме. Суммарные силы, действующие в дезаксиальном кривошипно-шатунном механизме со сдвоенными кинематическими связями.

Раздел 5. Полярные диаграммы нагрузок на шатунные шейки.

Содержание темы.

Усилия, действующие на шатунные шейки кривошипа и шатунный подшипник. Полярные диаграммы.

Раздел 6. Усилия, действующие на коренные шейки коленчатого вала.

Содержание темы.

Усилия, действующие на коренные шейки коленчатого вала и коренной подшипник. Определение реакций, действующих на коренные шейки.

Раздел 7. Программа динамического расчета.

Содержание темы.

Программа динамического расчета кривошипно-шатунного механизма и построение полярной диаграммы нагрузок на коренные шейки. Табличный метод построения полярной диаграммы нагрузок на коренные шейки.

Раздел 8. Крутящий момент многоцилиндрового двигателя.

Содержание темы.

Крутящий момент многоцилиндрового двигателя и моменты, скручивающие шейки вал. Набегающие моменты.

Раздел 9. Влияние параметров кривошипно-шатунного механизма на показатели двигателя.

Содержание темы.

Влияние параметров кривошипно-шатунного механизма на показатели двигателя. Ударные нагрузки в кривошипно-шатунном механизме.

Раздел 10. Анализ уравновешенности автомобильных и тракторных двигателей.

Содержание темы.

Анализ уравновешенности автомобильных и тракторных двигателей. Уравновешивание центробежных сил. Общие зависимости для анализа уравновешенности поршневых двигателей.

Раздел 11. Уравновешивание однорядных одноцилиндровых и двухцилиндровых двигателей.

Содержание темы.

Уравновешивание однорядных одноцилиндровых и двухцилиндровых двигателей.

Раздел 12. Уравновешивание однорядных трехцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей.

Содержание темы.

Уравновешивание однорядных трехцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей.

Раздел 13. Уравновешивание V-образных двухцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей.

Содержание темы.

Уравновешивание V-образных двухцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей.

Раздел 14. Уравновешивание V-образных шестицилиндровых и восьмицилиндровых двигателей. Равномерность крутящего момента и равномерность хода.

Содержание темы.

Уравновешивание V-образных шестицилиндровых и восьмицилиндровых двигателей. Равномерность крутящего момента и равномерность хода.

Раздел 15. Расчет эквивалентной системы коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей.

Содержание темы.

Расчет эквивалентной системы коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей.

Раздел 16. Свободные крутильные колебания. Определение частот свободных крутильных колебаний.

Содержание темы.

Свободные крутильные колебания. Определение частот свободных крутильных колебаний.

Раздел 17. Вынужденные крутильные колебания.

Содержание темы.

Вынужденные крутильные колебания. Определение амплитуд крутильных колебаний при резонансе.

Раздел 18. Демпфирование крутильных колебаний.

Содержание темы.

Демпфирование крутильных колебаний. Расчет резиновых и жидкостных демпферов крутильных колебаний.

Содержание практических занятий по дисциплине

Раздел 1. Кинематика поршня и шатуна.

Содержание темы.

Построение графиков перемещений, скоростей и ускорений поршня и шатуна.

Тема 2. Динамика кривошипно-шатунного механизма.

Содержание темы.

Расчет и построение графиков сил, действующих в кривошипно-шатунном механизме.

Тема 3. Полярные диаграммы нагрузок на шатунные шейки.

Содержание темы.

Расчет усилий, действующих на шатунные шейки коленчатого вала и построение полярной диаграммы.

Тема 4. Полярные диаграммы нагрузок на коренные шейки.

Содержание темы.

Расчет усилий, действующих на коренные шейки коленчатого вала и построение полярной диаграммы.

Тема 5. Построение диаграмм износа на шатунные и коренные шейки.

Содержание темы.

Построение условных диаграмм износа на шатунные и коренные шейки..

Тема 6. Набегающие моменты на шейки коленчатого вала.

Содержание темы.

Расчет набегающих моментов на шейки коленчатого вала.

Тема 7. Уравновешивание четырехцилиндровых двигателей.

Содержание темы.

Уравновешивание четырехцилиндровых двигателей.

Тема 8. Расчет эквивалентной крутильной системы.

Содержание темы.

Расчет эквивалентной крутильной системы и определение частот свободных колебаний.

Тема 9. Расчет демпферов крутильных колебаний.

Содержание темы.

Расчет демпферов крутильных колебаний.

Содержание лабораторных занятий по дисциплине

Тема 1. Определение моментов инерции деталей двигателя.

Содержание темы.

Экспериментальные методы определения осевого момента инерции деталей двигателя относительно оси, проходящей через центр масс.

Тема 2. Приведение масс шатуна.

Содержание темы.

Методы приведения масс шатуна и экспериментальное определение:

- положение центра массы шатуна;
- массы шатуна, отнесенные к оси поршневого пальца и к оси кривошипной головки.

Тема 3. Определение неравномерности хода двигателя на установившемся режиме.

Содержание темы.

Условия неравномерности хода двигателя на установившемся режиме и экспериментальное определение степени неравномерности хода двигателя при его работе в стендовых условиях.

Тема 4. Изучение вибраций двигателя в стендовых условиях.

Содержание темы.

Условия возникновения вибраций поршневого двигателя. Приборы для измерения вибрации и экспериментальное определение уровня вибрации в различных точках двигателя при его работе в стендовых условиях.

Тема 5. Исследование жесткости деталей механизма газораспределения двигателя.

Содержание темы.

Методы экспериментального исследования жесткости деталей привода клапана и определение его частоты собственных колебаний.

Тема 6. Исследование колебаний клапанного механизма двигателя.

Содержание темы.

Методы экспериментального исследования колебаний клапанного механизма и определение действительных нагрузок на детали привода клапана.

Тема 7. Экспериментальное исследование крутильных колебаний коленчатого вала

Содержание темы.

Методы экспериментального исследования крутильных колебаний коленчатого вала двигателя.

Тема 8. Исследование системы уравнивания двухцилиндрового рядного двигателя.

Содержание темы.

Анализ уравновешенности двухцилиндрового дизеля Д-120; определение параметров системы уравнивания моментов от центробежных сил и сил инерции первого порядка.

Тема 9. Экспериментальное исследование демпферов крутильных колебаний.

Содержание темы.

Методы экспериментального исследования крутильных колебаний демпферов коленчатых валов ДВС.

Лабораторные работы выполняются в специализированной лаборатории кафедры. Для их выполнения на кафедре выпущено учебно-методическое пособие. После выполнения лабораторной работы студенты оформляют отчет и защищают выполненную работу преподавателю.

5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

5.1. Текущий контроль успеваемости 6 семестр

Первый рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Какое движение совершает шатун при вращении кривошипа?
2. От чего зависит максимальное угловое перемещение шатуна?
3. Как приближенно можно описать угловую скорость качания шатуна?
4. При каком угле поворота кривошипа угловая скорость качания шатуна достигает максимального значения?
5. Как приближенно можно описать угловое ускорение качания шатуна?
6. При каком угле поворота кривошипа угловое ускорение качания шатуна достигает максимального значения?
7. Связаны ли угловые скорость и ускорение качания шатуна дифференциально-интегральной зависимостью? Почему?
8. Как представляются силы инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
9. Как действует сила инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
10. Чем уравнивается сила инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
11. Как определяется сила инерции первого порядка масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
12. Как определяется сила инерции второго порядка масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
13. На какие детали двигателя воздействуют центробежные силы инерции?
14. Как представляются силы инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
15. Как действует сила инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
16. Чем уравнивается сила инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
17. Как определяется сила инерции первого порядка масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
18. Как определяется сила инерции второго порядка масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
19. На какие детали двигателя воздействуют центробежные силы инерции?
20. С какой целью рекомендуется вычислять реакции на опорах отдельно выделенного кривошипа от каждой силы в отдельности?
21. Как определяется угловой интервал, на которые сдвинуты такты расширения для равномерного хода двигателя?
22. Влияют ли на угловые интервалы конструкция коленчатого вала?
23. От чего зависит нагрузка на коренную шейку коленчатого вала поршневого двигателя?
24. Как строится полярная диаграмма нагрузок на коренную шейку коленчатого вала?

Второй рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Какой двигатель считается полностью уравновешенным?
2. Какие силы и моменты передаются на опоры двигателя?
3. Можно ли уравновесить опрокидывающий момент?
4. Что такое статическое уравновешивание?
5. Что такое динамическое уравновешивание?
6. Какие условия необходимо обеспечить при сборке для уравновешивания поршневого двигателя?
7. Влияет ли регулировка топливной аппаратуры на уравновешивание двигателя?
8. Влияют ли допуски на изготовление деталей двигателя на его уравновешивание?

9. Почему для одноцилиндрового двигателя нельзя уравновесить силы инерции первого порядка противовесами на продолжении шек коленчатого вала?
10. Как для одноцилиндрового двигателя можно уравновесить силы инерции второго порядка?
11. Какие недостатки имеет способ уравновешивания сил инерции первого порядка с одним уравновешивающим валом?
12. Какие силы или их моменты неуравновешенны в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 180° ?
13. Какие силы или их моменты неуравновешенны в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 360° ?
14. Как уравновешиваются центробежные силы инерции в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 180° ?
15. Как уравновешиваются центробежные силы инерции в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 360° ?
16. Как уравновешиваются моменты сил инерции первого порядка в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 180° ?
17. Как уравновешиваются силы инерции первого порядка

Третий рейтинг-контроль

Вопросы для рейтинг-контроля.

1. Какой из двухцилиндровых двигателей, по Вашему мнению, имеет преимущество по уравновешиванию – однорядный или V-образный с углом развала 90° ?
2. Почему в двухцилиндровых V-образных (с углом развала 90°) двигателях силы инерции второго порядка не уравновешиваются?
3. Какую траекторию описывает конец вектора равнодействующей силы инерции первого порядка в двухцилиндровых
4. Почему возникла необходимость использование V-образной схемы для четырехцилиндрового четырехтактного двигателя?
5. Какие силы и их моменты неуравновешенны в V-образном четырехцилиндровом четырехтактном двигателе?
6. Как можно уравновесить в V-образном четырехцилиндровом четырехтактном двигателе силы инерции второго порядка?
7. Поясните, почему момент сил инерции второго порядка в V-образном четырехцилиндровом четырехтактном двигателе равен нулю?
8. Как учитывается при вычислении полярного момента инерции эксцентриситет внутреннего отверстия?
9. Что такое приведенная длина кривошипа?
10. Что такое коэффициент жесткости кривошипа?
11. Как определяется момент инерции масс щеки относительно оси, проходящей через коренные шейки коленчатого вала?
12. Как определяется момент инерции масс одного кривошипа?
13. Как учитывается масса возвратно-поступательно движущихся частей кривошипно-шатунного механизма при определении моментов инерции приведенных масс?
14. Как учитываются коэффициенты жесткости и моменты инерции вала с зубчатой передачей?
15. Что называется коэффициентом жесткости участка вала?
16. Дайте определение круговой частоты свободных угловых колебаний. Какова размерность этой величины?
17. Что такое период крутильных колебаний?
18. Как составляется дифференциальное уравнение свободных крутильных колебаний?

19. Какие демпферы крутильных колебаний в основном используются в автомобильных и тракторных двигателях?
20. Как снижает уровень крутильных колебаний резиновый демпфер?
21. Какие эксплуатационные отказы возникают в резиновых демпферах?
22. Как снижает уровень крутильных колебаний жидкостный демпфер?
23. Какая жидкость используется в жидкостных демпферах?
24. Что называется дилатансией жидкости ПМС?
25. В чем отличие демпфера крутильных колебаний внутреннего трения от жидкостного?

5.2. Промежуточная аттестация

После защиты курсового проекта проводится экзамен

Контрольные вопросы к экзаменам:

1. Кинематика поршня.
2. Кинематика шатуна.
3. Массы движущихся деталей кривошипно-шатунного механизма и их приведение.
4. Силы инерции кривошипно-шатунного механизма.
5. Силы давления газов.
6. Суммарные силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме.
7. Усилия, действующие на шатунные шейки кривошипа и шатунный подшипник.
8. Усилия, действующие на коренные шейки коленчатого вала и коренной подшипник.
9. Табличный метод построения полярной диаграммы нагрузок на коренные шейки.
10. Крутящий момент многоцилиндрового двигателя и моменты, скручивающие шейки вала.
11. Влияние параметров кривошипно-шатунного механизма на показатели двигателя.
12. Ударные нагрузки в кривошипно-шатунном механизме.
13. Уравновешивание центробежных сил. Одноцилиндровые двигатели.
14. Уравновешивание однорядных двигателей. Однорядные двухцилиндровые четырехтактные двигатели.
15. Уравновешивание однорядных двигателей. Однорядные трехцилиндровые четырехтактные двигатели.
16. Уравновешивание однорядных двигателей. Однорядные четырехцилиндровые четырехтактные двигатели.
17. Уравновешивание однорядных двигателей. Однорядные шестицилиндровые четырехтактные двигатели.
18. Уравновешивание однорядных двигателей. Однорядные восьмицилиндровые четырехтактные двигатели.
19. Уравновешивание V-образных двигателей. Двухцилиндровый V-образный двигатель.
20. Уравновешивание V-образных двигателей. Четырехцилиндровый V-образный двигатель.
21. Уравновешивание V-образных двигателей. Шестицилиндровый V-образный двигатель.
22. Уравновешивание V-образных двигателей. Восемьцилиндровый V-образный двигатель.
23. Теоретическая и действительная уравновешенность двигателя.
24. Равномерность крутящего момента и равномерность хода.
25. Вибрационно-акустические качества двигателя.
26. Расчет эквивалентной системы коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей. Определения моментов инерции приведенных масс.
27. Расчет эквивалентной системы коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей. Приведение длин.
28. Составление расчетной схемы эквивалентной системы коленчатого вала.
29. Свободные крутильные колебания. Одномассовая система.

30. Свободные крутильные колебания. Двухмассовая система.
31. Свободные крутильные колебания. Трехмассовая система.
32. Свободные крутильные колебания. Многомассовая система.
33. Анализ форм свободных крутильных колебаний.
34. Вынужденные крутильные колебания. Анализ возбуждающих моментов.
35. Вынужденные крутильные колебания.
36. Методика и алгоритм гармонического анализа кривой крутящего момента ДВС.
37. Способы уменьшения амплитуд и дополнительных напряжений при крутильных колебаниях.
38. Демпферы крутильных колебаний.
39. Выбор оптимального коэффициента демпфирования и коэффициента жесткости упругого слоя демпферов внутреннего трения.
40. Расчет параметров демпферов внутреннего трения.
41. Особенности конструкции демпферов крутильных колебаний жидкостного трения.
42. Особенности конструкции демпферов крутильных колебаний внутреннего трения.

5.3. Самостоятельная работа обучающегося.

Содержание самостоятельной работы студентов по дисциплине

Задания для выполнения курсового проекта в 6 семестре

Провести кинематический и динамический расчет кривошипно-шатунного механизма четырехтактного бензинового двигателя (или дизеля) номинальной мощности N_e кВт при частоте вращения n мин⁻¹, с коэффициентом приспособляемости $K \leq 1,16$ (или номинальным коэффициентом крутящего момента $\mu_n \leq 15\%$), скоростным коэффициентом $K_n \leq 0,72$.

Примечание. При выдаче задания на курсовой проект каждому студенту указываются двигатели-прототипы, конструктивные параметры которых можно использовать при расчетах. Индивидуальные темы работы по курсовому проекту выдаются в соответствии с табл.1.

Таблица 1. Задание на курсовой проект по дисциплине «Динамика ДВС» для студентов группы Эн-

| № п/п | Ф.И.О. студента | Прототип | Исходные данные для проекта | Консультант |
|-------|-----------------|--|---|-------------|
| 1 | | Дизель Д-145 Т S/D=120,0/105,0, $\epsilon=16,5$ | $N_H=50$ кВт; $n_H=2200$ мин ⁻¹ ; $K_n \geq 0,71$; $\mu_i \geq 18\%$ | |
| 2 | | Дизель Д-245-7Е2 S/D=125/110, $\epsilon=16,5$ | $N_H = 48$ кВт; $n_H=2400$ мин ⁻¹ ; $K_n \geq 0,72$ $\mu_i \geq 14\%$ | |

Содержание курсового проекта по разделу «Кинематика кривошипно-шатунного механизма»

1. Провести расчет цикла двигателя на двух режимах: максимального крутящего момента и номинальном, определить конструктивные параметры кривошипно-шатунного механизма (диаметр и ход поршня) по данным расчета и двигателя-прототипа. Построить индикаторную диаграмму $p = f(v)$, перестроить ее в зависимости от угла поворота кривошипа $p = f(\varphi)$.
2. Построить графики перемещения $s_{\text{п}}$, скорости $v_{\text{п}}$ и ускорения $j_{\text{п}}$ поршня в зависимости от угла поворота φ кривошипа ($s_{\text{п}} = f(\varphi)$; $v_{\text{п}} = f(\varphi)$; $j_{\text{п}} = f(\varphi)$).

3. Построить графики угловых перемещения $\beta_{ш}$, скорости $\omega_{ш}$ и ускорения $\varepsilon_{ш}$ качания шатуна в зависимости от угла поворота φ кривошипа ($\beta_{\varphi} = f(\varphi)$; $\omega_{\varphi} = f(\varphi)$; $\varepsilon_{\varphi} = f(\varphi)$).

Содержание курсового проекта по разделам «Динамика кривошипно-шатунного механизма» и «Уравновешивание двигателей»

1. Приблизенно или по данным двигателя-прототипа определить массы деталей КШМ и цилиндрично-поршневой группы. Подготовить исходные данные для проведения динамического расчета на двух режимах.
2. Выбрать схему уравновешивания центробежных сил инерции и их моментов для неуравновешенных вращающихся масс, а также определить массы противовесов.
3. Выбрать схему уравновешивания сил инерции и их моментов от возвратно-поступательно движущихся масс, а также провести при необходимости их уравновешивание.
4. Выбрать схему кривошипов коленчатого вала (КВ) и определить силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме. Динамический расчет проводится по программе *Dinn*, алгоритм которой приведен в прил. 2. Расчет рекомендуется провести на двух режимах: номинальном и максимального крутящего момента и выбрать наиболее нагруженный один расчетный режим.
5. Показать, изменятся ли полярные диаграммы нагрузок на коренные шейки КВ с учетом уравновешивания и условные диаграммы их изнашивания.
6. Построить график удельных сил инерции $P_{j,уд}$ возвратно-поступательно движущихся масс, газовых $P_{г,уд}$ и суммарных сил $P_{с,уд}$ в прямоугольных координатах.
7. Определить суммарные удельные силы $N_{уд}$, $S_{уд}$, $K_{уд}$ и $T_{уд}$, а также индикаторные моменты двигателя на двух режимах, построить графики их в зависимости от угла поворота кривошипа.
8. Построить полярную диаграмму нагрузок на шатунную шейку коленчатого вала и условную диаграмму ее износа.
9. Построить полярную диаграмму нагрузок на наиболее нагруженную коренную шейку коленчатого вала и условную диаграмму ее износа.
10. Построить векторные диаграммы для определения величины и направления сил инерции первого и второго порядков.
11. Построить графики набегающих моментов на шатунные и коренные шейки коленчатого вала.
12. Построить график суммарного индикаторного крутящего момента для расчетного режима (номинальный или максимального крутящего момента), определить степень и коэффициент неравномерности вращения коленчатого вала.

Содержание курсового проекта по разделу «Исследование крутильных колебаний коленчатого вала»

1. Провести расчет эквивалентной системы коленчатого вала исследуемого двигателя (определить приведенные длины, массы и коэффициенты крутильной жесткости). Расчет рекомендуется проводить по программам «Koleno», «Moment» и «Frig» или по формулам, приведенным в пособии.
2. Определить частоты и формы колебаний приведенной эквивалентной системы крутильно-колеблющейся системы коленчатого вала исследуемого двигателя.

3. Определить резонансные режимы по частотной диаграмме.
4. Провести гармонический анализ крутящего момента одного цилиндра.
5. Определить амплитуды резонансных колебаний.
6. Провести расчет дополнительных напряжений в узловой точке коленчатого вала при резонансных колебаниях.
7. Разработать мероприятия по снижению амплитуд резонансных колебаний, а при необходимости провести расчет и выбрать конструкцию демпфера крутильных колебаний.

Примерное содержание графической части проекта

На листы формата А1 вынести:

1. Графики $s_i = f(\varphi)$; $v_i = f(\varphi)$; $j_i = f(\varphi)$ и $\beta_\sigma = f(\varphi)$; $\omega_\sigma = f(\varphi)$; $\varepsilon_\sigma = f(\varphi)$.
2. Графики сил $P_{j.уд}$, $P_{г.уд}$, $P_{s.уд}$, $N_{уд}$, $S_{уд}$, $K_{уд}$ и $T_{уд}$, суммарных индикаторных моментов для расчетного режима в зависимости от угла поворота кривошипа.
3. Полярные диаграммы нагрузок на шатунные и коренные шейки, а также условные диаграммы их износа.
4. Графики набегающих моментов на шатунные и коренные шейки коленчатого вала для расчетного режима.
5. Крутильные колебания (расчетная эквивалентная система, формы колебаний, частотная диаграмма, чертеж гасителя крутильных колебаний).

Курсовой проект по дисциплине «Динамика двигателей» – это самостоятельная, оригинальная работа, выполняемая студентами в соответствии с заданием на проектирование, включающая в себя отбор, распределение и информатизацию материала о кинематике и динамике поршневого двигателя. Под руководством преподавателя студенты решают возникшие проблемные ситуации, в результате чего и происходят творческое овладение профессиональными знаниями, навыками и умениями и развитие мыслительных способностей. В частности, студент сам должен выбрать компоновочную схему поршневого двигателя (однорядный или V-образный и соответственно сменить предлагаемый прототип). В зависимости от выбранной схемы по-разному проводится уравнивание двигателя. В расчетно-пояснительной записке подробно объясняется необходимость демпфирования крутильных колебаний. Если какой-нибудь из разделов проекта рассматривается в большем объеме, то рекомендуется провести сокращение по другим разделам. При этом студенты используют учебные компьютерные программы (разработанные на кафедре) для проведения расчетов, построения графиков и эскизных проектов деталей, а также узлов двигателей. В приложении к учебному пособию приводится алгоритм, по которому разработана программа динамического расчета кривошипно-шатунного механизма поршневого двигателя. Кроме того, приведенные зависимости позволяют проводить расчеты по стандартным программам на ПЭВМ без привлечения сложных компьютерных программ.

По результатам выполненной работы студенты представляют расчетно-пояснительную записку и чертежи (4-5 листов формата А1) с графическим оформлением исследований кинематических и динамических особенностей проектируемого двигателя.

Ход выполнения курсового проекта учитывается при подведении итогов рейтинга: 1 и 2 рейтинги – по 2 листа графической части и расчетно-пояснительная записка к ним, рейтинг 3 – лист 1 и полностью выполненная расчетно-пояснительная записка.

Курсовые проекты защищаются в специальной комиссии, состоящей из двух-трех преподавателей кафедры при обязательном участии руководителя курсового проектирования и в присутствии студентов группы. Вопросы могут задавать все присутствующие на защите.

Задания для проведения текущего контроля

Задание 1.

1. Какой путь проходит поршень при повороте кривошипа на угол 90° , если радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l=215$ мм. Чем это можно объяснить?
2. Масса шатуна составляет 0,850 кг. Длина шатуна $l=165$ мм, а расстояние от центра масс до оси поршневой головки равно $l_1=132$ мм. Если центр масс шатуна сместить на 5 мм ближе к поршневой головке, что при этом изменится? Объясните расчетом.

Задание 2.

1. При каком угле поворота кривошипа поршень достигает максимальной скорости, если радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l=215$ мм. Чем это можно объяснить?
2. Масса шатуна составляет 0,750 кг., а масса, отнесенная к оси поршневого пальца – 0,150 кг. Длина шатуна $l=145$ мм. Если центр масс шатуна сместить на 5 мм ближе к поршневой головке, что при этом изменится? Объясните расчетом.

Задание 3.

1. Радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l=215$ мм, коленчатый вал вращается с частотой $n=2200$ мин⁻¹. Найти значение максимального ускорения поршня в ВМТ и НМТ. Если они отличаются, то от чего это зависит?
2. Чем объяснить, что к поршневой головке приводится не более 30 % массы шатуна? Что изменится, если мы увеличим это соотношение до 50 %? На что повлияет это в первую очередь?

Задание 4.

1. Радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l=215$ мм, коленчатый вал вращается с частотой $n=2200$ мин⁻¹. Как изменится угловое перемещение, скорость и ускорение качания шатуна, если длина шатуна уменьшится на 15 мм?
2. Найти для КШМ, имеющего относительный дезаксаж $k=0,20$, $r=46$ мм, длину шатуна $l=155$ мм, разницу в ходе поршня, скорости и ускорении его центрального КШМ, если $n=4800$ мин⁻¹?

Задание 5.

1. Найти для КШМ, имеющего относительный дезаксаж $k=0,20$, $r=46$ мм, длину шатуна $l=155$ мм, максимальное угловое отклонение шатуна при ходе поршня к НМТ и наоборот?

Задание 6.

1. Масса шатуна составляет 0,950 кг. Длина шатуна $l=185$ мм, а расстояние от центра масс до оси поршневой головки равно $l_1=148$ мм. Если центр масс шатуна сместить на 5 мм ближе к поршневой головке, что при этом изменится? Объясните расчетом.

Задание 7.

1. Радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l= 215$ мм, коленчатый вал вращается с частотой $n= 2000$ мин⁻¹. Как изменится угловое перемещение, скорость и ускорение качания шатуна, если длина шатуна уменьшится на 10 мм?

Задание 8.

1. Радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l= 215$ мм, коленчатый вал вращается с частотой $n= 2000$ мин⁻¹. Как изменится перемещение, скорость и ускорение поршня, если длина шатуна уменьшить на 10 мм?
2. При повороте кривошипа на угол 90° какой путь проходит поршень, если радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l= 225$ мм. Чем это можно объяснить?

Задание 9.

1. Масса шатуна составляет 0,750 кг., а масса его отнесенная к оси поршневого пальца 0,150 кг. Длина шатуна $l=145$ мм. Если центр масс шатуна сместить на 5 мм ближе к кривошипной головке, что при этом изменится? Объясните расчетом.
2. Радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l= 215$ мм, коленчатый вал вращается с частотой $n= 2200$ мин⁻¹. Найти значение максимального ускорения поршня в ВМТ и НМТ. Если они отличаются, то от чего это зависит?

Задание 10.

1. Радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l= 215$ мм, коленчатый вал вращается с частотой $n= 2000$ мин⁻¹. Как изменится угловое перемещение, скорость и ускорение качания шатуна, если длина шатуна увеличить на 10 мм?
2. При каком угле поворота кривошипа поршень достигает максимальной скорости, если радиус кривошипа $r=70$ мм; длина шатуна $l= 225$ мм. Чем это можно объяснить?

Задание 11.

1. Масса шатуна составляет 0,950 кг. Длина шатуна $l=185$ мм, а расстояние от центра масс до оси поршневой головки равно $l_1=148$ мм. Если центр масс шатуна сместить на 5 мм ближе к кривошипной головке, что при этом изменится? Объясните расчетом.

Задание 12.

2. Радиус кривошипа $r=60$ мм; длина шатуна $l= 215$ мм, коленчатый вал вращается с частотой $n= 2000$ мин⁻¹. Как изменится угловое перемещение, скорость и ускорение качания шатуна, если длина шатуна увеличится на 10 мм?

Кроме того, рассматриваются методы решения некоторых задач, которые приходится студентам решать в ходе выполнения курсового проекта, особенно те из разделов, которые вызывают наибольшее затруднение у студентов. Так, например, особое затруднение вызывает у студентов графики построения сил инерции первого и второго порядков. Для освоения этого материала студенты каждый самостоятельно на ПЭВМ в аудитории кафедры строит эти графики в присутствии преподавателя. Точно также строят графики перемещений, скорости и ускорения поршня.

На практических занятиях проводится пример расчета эквивалентной схемы крутильно-колеблющейся системы кривошипно-шатунного механизма поршневого двигателя.

При изучении сил и моментов студентам выдаются типовые задания для построения набегающих моментов на шатунные и коренные шейки коленчатого вала, а также суммарного

индикаторного момента поршневого двигателя.

Примеры заданий приведены ниже.

1. Найти крутящий момент однорядного двухцилиндрового двигателя с кривошипами под углом 180° . Чему равен набегающий момент на вторую коренную шейку? Радиус кривошипа $r = 0,06$ м.

| φ° , пкв | Силы, кН | |
|-----------------------|----------|---------|
| | T | K |
| 0 | 0 | -11,501 |
| 30 | -5,7 | -7,280 |
| 60 | -3,3 | -0,927 |
| 90 | +2,498 | -0,736 |
| 120 | +4,236 | -4,112 |
| 150 | +2,426 | -6,051 |
| 180 | 0 | -6,376 |
| 210 | -2,426 | -6,376 |
| 240 | -4,236 | -4,112 |
| 270 | -2,665 | -0,788 |
| 300 | +2,488 | -0,708 |
| 330 | +3,534 | -4,489 |
| 360 | 0 | -2,402 |
| 370 | +3,219 | +14,156 |
| 390 | +4,528 | +5,750 |
| 420 | +3,200 | +0,907 |
| 450 | +6,008 | -1,772 |
| 480 | +5,879 | -5,712 |
| 510 | +2,956 | -7,374 |
| 540 | 0 | -7,164 |
| 570 | -2,498 | -6,233 |
| 600 | -4,351 | -4,227 |
| 630 | -2,655 | -0,783 |
| 660 | +3,114 | -0,884 |
| 690 | +5,631 | -7,150 |
| 720 | 0 | -11,501 |

2. Найти крутящий момент однорядного двухцилиндрового двигателя с кривошипами под углом 360° . Чему равен набегающий момент на вторую коренную шейку? Радиус кривошипа $r=0,05$ м.

| φ° , пкв | Силы, кН | |
|-----------------------|----------|---------|
| | T | K |
| 0 | 0 | -11,501 |
| 30 | -5,7 | -7,280 |
| 60 | -3,3 | -0,927 |
| 90 | +2,498 | -0,736 |
| 120 | +4,236 | -4,112 |
| 150 | +2,426 | -6,051 |
| 180 | 0 | -6,376 |
| 210 | -2,426 | -6,376 |
| 240 | -4,236 | -4,112 |
| 270 | -2,665 | -0,788 |
| 300 | +2,488 | -0,708 |
| 330 | +3,534 | -4,489 |
| 360 | 0 | -2,402 |
| 370 | +3,219 | +14,156 |
| 390 | +4,528 | +5,750 |
| 420 | +3,200 | +0,907 |
| 450 | +6,008 | -1,772 |
| 480 | +5,879 | -5,712 |
| 510 | +2,956 | -7,374 |
| 540 | 0 | -7,164 |
| 570 | -2,498 | -6,233 |
| 600 | -4,351 | -4,227 |
| 630 | -2,655 | -0,783 |
| 660 | +3,114 | -0,884 |
| 690 | +5,631 | -7,150 |
| 720 | 0 | -11,501 |

3. Найти крутящий момент однорядного трехцилиндрового двигателя с порядком работы цилиндров 1-3-2. Чему равен набегающий момент на третью коренную шейку? Радиус кривошипа $r=0,07$ м.

| φ° , пкв | Силы, кН | |
|-----------------------|----------|---------|
| | T | K |
| 0 | 0 | -11,501 |
| 30 | -5,7 | -7,280 |
| 60 | -3,3 | -0,927 |
| 90 | +2,498 | -0,736 |
| 120 | +4,236 | -4,112 |
| 150 | +2,426 | -6,051 |
| 180 | 0 | -6,376 |
| 210 | -2,426 | -6,376 |
| 240 | -4,236 | -4,112 |
| 270 | -2,665 | -0,788 |
| 300 | +2,488 | -0,708 |
| 330 | +3,534 | -4,489 |
| 360 | 0 | -2,402 |
| 370 | +3,219 | +14,156 |
| 390 | +4,528 | +5,750 |
| 420 | +3,200 | +0,907 |
| 450 | +6,008 | -1,772 |
| 480 | +5,879 | -5,712 |
| 510 | +2,956 | -7,374 |
| 540 | 0 | -7,164 |
| 570 | -2,498 | -6,233 |
| 600 | -4,351 | -4,227 |
| 630 | -2,655 | -0,783 |
| 660 | +3,114 | -0,884 |
| 690 | +5,631 | -7,150 |
| 720 | 0 | -11,501 |

4. Найти крутящий момент однорядного трехцилиндрового двигателя с порядком работы цилиндров 1-2-3 . Чему равен набегающий момент на третью коренную шейку? Радиус кривошипа $r=0,06$ м.

| φ° , пкв | Силы, кН | |
|-----------------------|----------|---------|
| | T | K |
| 0 | 0 | -11,501 |
| 30 | -5,7 | -7,280 |
| 60 | -3,3 | -0,927 |
| 90 | +2,498 | -0,736 |
| 120 | +4,236 | -4,112 |
| 150 | +2,426 | -6,051 |
| 180 | 0 | -6,376 |
| 210 | -2,426 | -6,376 |
| 240 | -4,236 | -4,112 |
| 270 | -2,665 | -0,788 |
| 300 | +2,488 | -0,708 |
| 330 | +3,534 | -4,489 |
| 360 | 0 | -2,402 |
| 370 | +3,219 | +14,156 |
| 390 | +4,528 | +5,750 |
| 420 | +3,200 | +0,907 |
| 450 | +6,008 | -1,772 |
| 480 | +5,879 | -5,712 |
| 510 | +2,956 | -7,374 |
| 540 | 0 | -7,164 |
| 570 | -2,498 | -6,233 |
| 600 | -4,351 | -4,227 |
| 630 | -2,655 | -0,783 |
| 660 | +3,114 | -0,884 |
| 690 | +5,631 | -7,150 |
| 720 | 0 | -11,501 |

5. Найти крутящий момент однорядного четырехцилиндрового двигателя с порядком работы цилиндров 1-4-2-3. Чему равен набегающий момент на вторую коренную шейку? Нарисовать схему коленчатого вала. Радиус кривошипа $r=0,07$ м.

| φ° , пкв | Силы, кН | |
|-----------------------|----------|---------|
| | T | K |
| 0 | 0 | -11,501 |
| 30 | -5,7 | -7,280 |
| 60 | -3,3 | -0,927 |
| 90 | +2,498 | -0,736 |
| 120 | +4,236 | -4,112 |
| 150 | +2,426 | -6,051 |
| 180 | 0 | -6,376 |
| 210 | -2,426 | -6,376 |
| 240 | -4,236 | -4,112 |
| 270 | -2,665 | -0,788 |
| 300 | +2,488 | -0,708 |
| 330 | +3,534 | -4,489 |
| 360 | 0 | -2,402 |
| 370 | +3,219 | +14,156 |
| 390 | +4,528 | +5,750 |
| 420 | +3,200 | +0,907 |
| 450 | +6,008 | -1,772 |
| 480 | +5,879 | -5,712 |
| 510 | +2,956 | -7,374 |
| 540 | 0 | -7,164 |
| 570 | -2,498 | -6,233 |
| 600 | -4,351 | -4,227 |
| 630 | -2,655 | -0,783 |
| 660 | +3,114 | -0,884 |
| 690 | +5,631 | -7,150 |
| 720 | 0 | -11,501 |

6. Найти крутящий момент однорядного четырехцилиндрового двигателя с порядком работы цилиндров 1-4-3-2. Чему равен набегающий момент на четвертую коренную шейку? Радиус кривошипа $r=0,08$ м.

| φ° , пкв | Силы, кН | |
|-----------------------|----------|---------|
| | T | K |
| 0 | 0 | -11,501 |
| 30 | -5,7 | -7,280 |
| 60 | -3,3 | -0,927 |
| 90 | +2,498 | -0,736 |
| 120 | +4,236 | -4,112 |
| 150 | +2,426 | -6,051 |
| 180 | 0 | -6,376 |
| 210 | -2,426 | -6,376 |
| 240 | -4,236 | -4,112 |
| 270 | -2,665 | -0,788 |
| 300 | +2,488 | -0,708 |
| 330 | +3,534 | -4,489 |
| 360 | 0 | -2,402 |
| 370 | +3,219 | +14,156 |
| 390 | +4,528 | +5,750 |
| 420 | +3,200 | +0,907 |
| 450 | +6,008 | -1,772 |
| 480 | +5,879 | -5,712 |
| 510 | +2,956 | -7,374 |
| 540 | 0 | -7,164 |
| 570 | -2,498 | -6,233 |
| 600 | -4,351 | -4,227 |
| 630 | -2,655 | -0,783 |
| 660 | +3,114 | -0,884 |
| 690 | +5,631 | -7,150 |
| 720 | 0 | -11,501 |

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Книгообеспеченность

| Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство | Год издания | КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ |
|---|-------------|------------------------------------|
| | | Наличие в электронном каталоге ЭБС |
| Основная литература* | | |
| 1. Гоц А.Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей: учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: ФОРУМ: инфра-м, 2019. – 384 с. | 2019 | да |
| 2. Гоц, А. Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей: учебное пособие /А.Н. Гоц; Владим. гос. ун-т им. А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Изд. 2-е изд., испр. и доп. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2014. – 142 с. | 2014 | да |
| 3. Гоц, А. Н. Динамика двигателей. Курсовое проектирование: учеб. пособие / А. Н. Гоц;– 2-е изд., испр. и доп., – М.: ФОРУМ: инфра-м, 2020. – 160 с | 2020 | да |
| 4. Гоц, А. Н. Крутильные колебания коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей / А.Н. Гоц. – 2-е изд., испр. и доп., – М.: ФОРУМ: инфра-м, 2019. – 208 с. | 2019 | да |
| Дополнительная литература | | |
| 1. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 2. Динамика и конструирование / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2010. – 240 с. | 2010 | да |
| 2. Панов, В. В. Динамика двигателей внутреннего сгорания: метод. указания к лабораторным работам /В.В. Панов, С.Г. Драгомиров, А.Н. Гоц, А.М. Шарاپов. – Владимир: Влад гос. ун-т, 2003. – 60 с. | 2003 | |
| 3. Гоц, А. Н. Анализ уравновешенности и методы уравновешивания автомобильных и тракторных двигателей / А.Н. Гоц; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007. – 124 с. | 2007 | да |

6.2. Периодические издания

1. Журнал «Современные наукоемкие технологии». Москва, 105037, а/я 47, АКАДЕМИЯ ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ, <http://www.top-technologies.ru/>
2. Журнал «Тракторы и сельхозмашины». <https://mospolytech.ru/index.php?id=4474>

6.3. Интернет-ресурсы

1. Программный комплекс «Diesel RK». Бесплатный удаленный доступ к системе ДИЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php?page=Vozmojnosti>.
2. Перечень литературы по кинематике и динамике ДВС : <http://www.twirpx.com/files/transport/dvs/cindyn/> ; <http://vlgu.info/files/details.php?file=27>

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Для выполнения самостоятельных работ, курсового проекта и при проведении практических занятий используются ПК в компьютерном классе кафедры (ауд. 394-2). Используются программы Mathcad 12, MATLAB, а также программы, разработанные на кафедре.

Рабочую программу составил
д.т.н., профессор



А.Н. Готц

Рецензент

(представитель работодателя) специалист по сертификации АО «Камешковский механический завод», Владимирская область, г. Камешково,
д.т.н.



А.Р. Кульчицкий

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры тепловые двигатели и энергетические установки

Протокол № 27 от 18.06.21 года

Заведующий кафедрой



А.Ю. Абаляев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления 13.03.03 – Энергетическое машиностроение

Протокол № 19 от 18.06.21 года

Председатель комиссии



А.Ю. Абаляев

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ**

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

Рабочая программа одобрена на 20____ / 20____ учебный года

Протокол заседания кафедры № _____ от _____ года

Заведующий кафедрой _____

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

НАИМЕНОВАНИЕ

образовательной программы направления подготовки код и наименование ОП, направленность:
наименование (указать уровень подготовки)

| Номер изменения | Внесены изменения в части/разделы рабочей программы | Исполнитель ФИО | Основание (номер и дата протокола заседания кафедры) |
|-----------------|---|-----------------|--|
| 1 | | | |
| 2 | | | |

Заведующий кафедрой _____ / _____

Подпись

ФИО