

РЕКОМЕНДАЦИИ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ

при изучении дисциплины «Динамика двигателей»

Самостоятельная работа студентов по изучению дисциплины «Динамика двигателей» включает следующие виды работ:

- изучение материала, вынесенного на лекции;
- изучение материала, вынесенного на практические занятия;
- изучение материала, вынесенного на самостоятельное изучение;
- изучение материала, вынесенного на лабораторные работы;
- самостоятельное оформление лабораторных работ и подготовка к защите их;
- подготовка и выполнение под руководством преподавателя курсовых проектов и индивидуальных работ;
- выполнение курсового проекта и подготовка к защите его;
- подготовка к экзаменам.

Студенты дневной формы обучения изучают дисциплину «Динамика двигателей» на лекциях, практических и лабораторных занятиях, а также выполняют курсовой проект.

Одним из видов самостоятельной практической работы, на которой происходит углубление и закрепление теоретических знаний студентов в интересах их профессиональной подготовки, являются краткий опрос на лекции по пройденной теме, практические занятия, лабораторные работы и самостоятельная работа над темой курсового проекта.

Данные работы имеют цели:

- углубить и закрепить знание теоретического курса;
- приобрести навыки в анализе результата расчетов и составлении отчетов по ним;
- приобрести первичные навыки организации, планирования и проведения научных исследовательских работ.

Таким образом, самостоятельная работа предназначена не только для овладения каждой дисциплиной, но и для формирования навыков самостоятельной работы вообще, в учебной, научной, профессиональной деятельности, способности принимать на себя ответственность, самостоятельно решить проблему, находить конструктивные решения, выход из кризисной ситуации и т.д.

Самостоятельная работа предусматривает в изучении содержания следующих тем курса «Динамика двигателей» по рекомендуемым учебным пособиям, учебникам и дополнительной литературе (перечень приводится в конце рекомендаций), подготовке к практическим занятиям, к рубежным контролям, защите курсового проекта и к экзамену.

Темы 1, 2. Кинематика кривошипно-шатунного механизма. Общие сведения. Кинематика поршня. Кинематика шатуна. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм. Дезаксиальный кривошипно-шатунный механизм со сдвоенными кинематическими связями.

Цель и задачи тем – освоение студентами основных понятий и методов расчета кинематики кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей, рассмотрение перемещения, скорости и ускорения поршня, угловое качание, угловые скорости и ускорения шатуна.

Для этого из учебного пособия [1] или [2] должны быть рассмотрена глава 1. Особое внимание необходимо обратить на то, что при расчетах используются результаты разложения действительных перемещений, скорости и ускорения на составляющие: в расчетах принимают участие перемещение первого и второго порядков и т.д. На с.17 учебного пособия [1, 2] показано, как в действительности происходит движение поршня, которое можно разложить на переносное и относительное (то же скорость и ускорение).

На лекциях были изложены основные понятия, которыми оперируют в дальнейшем при изучении кинематики кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей.

Для лучшего освоения материала рекомендуется ознакомиться результатами расчета кинематики кривошипно-шатунного механизма двигателя в учебных пособиях [5 или 6].

Рекомендуется одновременно с изучением разделов курса с использованием ПЭВМ построить графики перемещений, скоростей и ускорений для поршня и шатуна.

В учебных пособиях [5 или 6] даны подробные разъяснения, как правильно выполнить расчеты.

При самостоятельном изучении необходимо ответить на следующие вопросы.

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 ?

Темы 3,4. Динамика кривошипно-шатунного механизма. Общие сведения. Массы движущихся деталей кривошипно-шатунного механизма и их приведение. Силы инерции кривошипно-шатунного механизма. Силы давления газов. Суммарные силы, действующие в кривошипно-шатунном механизме. Суммарные силы, действующие в дезаксиальном кривошипно-шатунном механизме со сдвоенными кинематическими связями.

Цель изучения тем – освоение студентами основных понятий и методов определения сил и моментов, возникающих в кривошипно-шатунном механизме поршневого двигателя.

На лекциях рассматривается материал главы 2 учебных пособий [1 или 2], с. 30-43. Для самостоятельного изучения рекомендуется пп. 1.1– 1.5; 2.5-2.7. В учебных пособиях [5 или 6] даны подробные разъяснения, как правильно выполнить расчеты.

При выборе расчетных данных (особенно при определении масс деталей совершающих возвратно-поступательное движение или вращательное) необходимо провести сравнение с данными двигателя-прототипа, которые можно найти в интернете.

Поскольку на лекциях преподаватель проводит перекрестный опрос, то для лучшего освоения материала рекомендуется ответить на вопросы, которые приводятся в конце каждого параграфа учебных пособий [1 или 2]. Если при изучении материала возникает какое-то затруднение, то рекомендуется взять учебники или учебные пособия, которые рекомендованы лектором.

Рекомендуется самостоятельно ответить на следующие вопросы.

1. Как представляются силы инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
2. Как действует сила инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
3. Чем уравнивается сила инерции масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
4. Как определяется сила инерции первого порядка масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
5. Как определяется сила инерции второго порядка масс, совершающих возвратно-поступательное движение?
6. На какие детали двигателя воздействуют центробежные силы инерции?

Темы 5, 6. Усилия, действующие на шатунные шейки кривошипа и шатунный подшипник. Усилия, действующие на коренные шейки коленчатого вала и коренной подшипник. Определение реакций, действующих на коренные шейки.

Цель – определение усилий, действующих в кривошипно-шатунном механизме

поршневого двигателя

Эти темы охватывают главу 2 учебных пособий [1, 2]. Для самостоятельного изучения рекомендуется п.п. 2.7; 2.8.

В учебных пособиях [5 или 6] в главе 5 подробно описано, как рекомендуется строить полярные диаграммы нагрузок на коренные и шатунные шейки.

Необходимо самостоятельно разобрать алгоритм расчета нагрузок на коренные и шатунные шейки, изложенный в п.2.7.1 учебного пособия [1, 2].

Рекомендуется ответить на следующие вопросы.

1. В каких координатах строят полярную диаграмму нагрузок на шатунную шейку?
2. Почему возникает необходимость смещения в полярной диаграмме нагрузок на шатунную шейку в координатах $T - K$ смещать начало координат на величину $m_2 r \omega^2 / F_{II}$?
3. Почему диаграмму износа шатунной шейки называют условной?
4. Как определяют среднюю удельную нагрузку на подшипник скольжения шатунной шейки?
5. Как определяется направление оси масляного отверстия для шатунной шейки?
6. Можно ли определить результирующую силу, действующую на колено вала и вызывающую изгиб шатунной шейки, по данным полярной диаграммы?
7. Чем отличаются полярные диаграммы нагрузок на шатунные шейки бензинового двигателя и дизеля?
8. Для каких режимов работы необходимо строить полярную диаграмму нагрузок на шатунную шейку?
9. Чем отличаются полярные диаграммы нагрузок на шатунную шейку на режимах максимального крутящего момента и максимальной частоты вращения холостого хода?

Тема 5, 6. Программа динамического расчета кривошипно-шатунного механизма и построение полярной диаграммы нагрузок на коренные шейки. Табличный метод построения полярной диаграммы нагрузок на коренные шейки. Крутящий момент многоцилиндрового двигателя и моменты, скручивающие шейки вал. Набегающие моменты. Влияние параметров кривошипно-шатунного механизма на показатели двигателя. Ударные нагрузки в кривошипно-шатунном механизме.

Цель и задачи темы – самостоятельно научиться пользоваться программой динамического расчета.

Эта тема достаточно полно рассмотрена в учебном пособии [1], глава 1, п.п. 1.7-1.9 предлагается для самостоятельного изучения.

Рекомендуется ознакомиться с результатами расчета для двигателя, который приведен в качестве примера в учебных пособиях [5 или 6] в главе 5 и приложениях.

При расчетах каждого кривошипа выбирается следующая система координат: начало координат располагается в левом сечении на оси коренной шейки КВ, ось x направлена влево перпендикулярно плоскости первого кривошипа (если смотреть с носка, когда поршень первого кривошипа находится в ВМТ), ось y – вверх (расположена в плоскости первого кривошипа, когда поршень находится в ВМТ), а z – вдоль оси вала [7-10].

Для определения реакций по оси y от центробежных сил и по оси x необходимо каждое колено рассматривать в положении верхней мертвой точки такта впуска. Для крайних колен учитывается также влияние внешних противовесов (установленных не на продолжении щек коленчатого вала), если они имеются, например, для уравнивания сил инерции первого порядка или их моментов.

Рекомендуется ответить на следующие вопросы.

1. С какой целью рекомендуется вычислять реакции на опорах отдельно выделенного кривошипа от каждой силы в отдельности?
2. Как определяется угловой интервал, на которые сдвинуты такты расширения для равномерного хода двигателя?
3. Влияют ли на угловые интервалы конструкция коленчатого вала?
4. Как записать и в какой файл нужно записать исходные данные для проведения динамического расчета с помощью программы Dinn?
5. От чего зависит нагрузка на коренную шейку коленчатого вала поршневого двигателя?
6. Как строится полярная диаграмма нагрузок на коренную шейку коленчатого вала?

Тема 7, 8. Анализ уравновешенности автомобильных и тракторных двигателей. Уравнивание центробежных сил. Общие зависимости для анализа уравновешенности поршневых двигателей. Уравнивание однорядных одноцилиндровых и двухцилиндровых двигателей.

Эта тема достаточно полно рассмотрена в учебном пособии [3], глава 1 и 2, пп. 1.2-1.3 предлагается для самостоятельного изучения.

При самостоятельном изучении темы необходимо ответить самостоятельно на следующие вопросы.

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 уравнивание?
5. Что такое динамическое уравнивание?
6. Какие условия необходимо обеспечить при сборке для уравнивания поршневого двигателя?
7. Влияет ли регулировка топливной аппаратуры на уравнивание двигателя?
8. Влияют ли допуски на изготовление деталей двигателя на его уравнивание?

Тема 9. Уравнивание однорядных трехцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей.

Цель самостоятельного изучения – научиться правильно уравнивать силы и моменты, действующие в кривошипно-шатунном механизме.

Эта тема достаточно полно рассмотрена в учебном пособии [3], глава 2, пп. 2.1.1 - 2.1.4, а п.п.2.1.5-2.1.6 предлагается для самостоятельного изучения. При изучении темы необходимо подготовит ответы на следующие вопросы.

1. Почему для одноцилиндрового двигателя нельзя уравновесить силы инерции первого порядка противовесами на продолжении щек коленчатого вала?
2. Как для одноцилиндрового двигателя можно уравновесить силы инерции второго порядка?
3. Какие недостатки имеет способ уравнивания сил инерции первого порядка с одним уравнивающим валом?
4. Какие силы или их моменты неуравновешенны в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 180° ?
5. Какие силы или их моменты неуравновешенны в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 360° ?
6. Как уравниваются центробежные силы инерции в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 180° ?
7. Как уравниваются центробежные силы инерции в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 360° ?
8. Как уравниваются моменты сил инерции первого порядка в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 180° ?
9. Как уравниваются силы инерции первого порядка в двухцилиндровых двигателях с кривошипами, расположенными под углом 360° ?

Тема 10, 11. Уравнивание V-образных двухцилиндровых и четырехцилиндровых двигателей. Уравнивание V-образных шестицилиндровых и восьмицилиндровых двигателей. Равномерность крутящего момента и равномерность хода.

Цель самостоятельного изучения – освоить методы уравнивания V –образных двигателей.

Эта тема достаточно полно рассмотрена в учебном пособии [3], глава 2, п.п. 2.2, а для самостоятельного изучения п. 2.2.7.

При изучении темы необходимо найти ответы на следующие вопросы.

1. Какой из двухцилиндровых двигателей по Вашему мнению имеет преимущество по уравниванию – однорядный или V-образный с углом развала 90° ?
2. Почему в двухцилиндровых V-образных (с углом развала 90°) двигателях силы инерции второго порядка не уравниваются?
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 неуравновешены 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?

Тема 12. Расчет эквивалентной системы коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей.

Цель самостоятельного изучения – научиться составлять эквивалентную схему коленчатых валов поршневых двигателей.

Эта тема достаточно полно рассмотрена в учебном пособии [3], глава 1, п.п. 1.1-1-3, а для самостоятельного изучения п. 1.4, 1.5. Для самостоятельного изучения рекомендуется ответить на следующие вопросы.

1. Как учитывается при вычислении полярного момента инерции эксцентриситет внутреннего отверстия?
2. Что такое приведенная длина кривошипа?
3. Что такое коэффициент жесткости кривошипа?
4. Как определяется момент инерции масс щеки относительно оси, проходящей через коренные шейки коленчатого вала?
5. Как определяется момент инерции масс одного кривошипа?

6. Как учитывается масса возвратно-поступательно движущихся частей кривошипно-шатунного механизма при определении моментов инерции приведенных масс?
7. Как учитываются коэффициенты жесткости и моменты инерции вала с зубчатой передачей?

Тема 13. Свободные крутильные колебания. Определение частот свободных крутильных колебаний.

Цель самостоятельного изучения – научиться определять частоты собственных колебаний.

Эта тема достаточно полно рассмотрена на лекции и дана в учебном пособии [3], глава 2, п.п.2.1- 2.5, а для самостоятельного изучения п. 2.6. При самостоятельном изучении необходимо ответить на следующие вопросы.

Что называется коэффициентом жесткости участка вала?

2. Дайте определение круговой частоты свободных угловых колебаний. Какая размерность этой величины?

3. Что такое период крутильных колебаний?

4. Как составляется дифференциальное уравнение свободных крутильных колебаний?

Тема 14, 15. Вынужденные крутильные колебания. Демпфирование крутильных колебаний. Расчет демпферов крутильных колебаний.

Цель изучения – дать рекомендации по демпфированию крутильных колебаний.

Эта тема достаточно полно рассмотрена на лекции и дана в учебном пособии [3], глава 3, п.п.3.1- 3.4, а для самостоятельного изучения п.п. 4.1-4.4. При самостоятельном изучении необходимо ответить на следующие вопросы.

1. Какие демпферы крутильных колебаний в основном используются в автомобильных и тракторных двигателях?

2. Как снижает уровень крутильных колебаний резиновый демпфер?

3. Какие эксплуатационные отказы возникают в резиновых демпферах?

4. Как снижает уровень крутильных колебаний жидкостный демпфер?

5. Какая жидкость используется в жидкостных демпферах?

6. Что называется дилатансией жидкости ПМС?

Для подготовки к экзаменам предлагаются следующие вопросы.

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.

Защита курсового проекта

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. При этом студенты используют учебные компьютерные программы для проведения расчетов, построения графиков и эскизных проектов деталей и узлов двигателей.

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.

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

Защита – это особая форма проверки индивидуального выполнения курсового проекта, полученных знаний и навыков. Кроме того, защищая проект, студент учится всесторонне обосновывать предложенные им решения, а также глубоко осмысливать выполненную работу. Защита предполагает короткий доклад студента по содержанию проекта и ответы на вопросы. В результате защиты студенты получают дифференцированную оценку.

После защиты курсового проекта, как правило, дается анализ допущенных неточностей при подготовке расчетно-пояснительной записки и графической части проекта.

Рекомендуемая литература

А)основная

1. Гоц А.Н. Кинематика и динамика кривошипно-шатунного механизма поршневых двигателей: учеб. пособие. – 2-е изд., испр. и доп.; Владим. гос. ун-т имени А.Г. и Н.Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ. – 2014. – 180 с. (с грифом УМО).
2. 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.
3. Гоц, А. Н. Крутильные колебания коленчатых валов автомобильных и тракторных двигателей / А.Н. Гоц; Владим. гос. ун-т. – Владим: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2008. – 225 с.
4. Гоц, А. Н. Динамика двигателей. Курсовое проектирование: учеб. пособие / А. Н. Гоц;– 2-е изд., испр. и доп., – М.: ФОРУМ: инфра-м, 2013. – 160 с. (с грифом УМО).
5. Гоц, А. Н. Динамика двигателей. Курсовое проектирование: учеб. пособие / А. Н. Гоц; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2012. – 119 с. (с грифом УМО).

б) Дополнительная литература

6. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания. Кн. 2. Динамика и конструирование / В.Н. Луканин [и др.]; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2005. – 240 с.
7. Попык К.Г. Динамика автомобильных и тракторных двигателей / К.Г. Попык – М.: Высш. шк., 1970. – 328 с.
8. Чистяков, В.К. Динамика поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания / В.К. Чистяков – М.: Машиностроение, 1989. – 256 с.
9. Панов, В. В. Динамика двигателей внутреннего сгорания: метод. указания к лабораторным работам /В.В. Панов, С.Г. Драгомиров, А.Н. Гоц, А.М. Шарапов. – Владимир: Влад гос. ун-т, 2003. – 60 с.
10. Гоц, А. Н. Динамический расчет двигателя и расчет удельных нагрузок на шейки коленчатого вала: метод. указания к курсовому и дипломному проектированию / А.Н. Гоц, А.М. Шарапов. – Владимир: Влад гос. ун-т, 2001. – 20 с.
11. Конструирование двигателей внутреннего сгорания// Под ред. Н.Д. Чайнова. М.: Машиностроение, 2011, – 496 с.
12. Гоц, А. Н. Порядок проектирования автомобильных и тракторных двигателей / А. Н. Гоц, В. В. Эфрос; Владим. гос. ун-т. – Владимир: Изд-во Владим. гос. ун-та, 2007.
13. Программный комплекс «Diesel RK». Бесплатный удаленный доступ к системе ДИЗЕЛЬ-РК <http://www.diesel-rk.bmstu.ru/Rus/index.php?page=Vozmojnosti>.
14. Перечень литературы по кинематике и динамике ДВС можно найти на сайтах: <http://www.twirpx.com/files/transport/dvs/cindyn/> ; <http://vlgu.info/files/details.php?file=27>