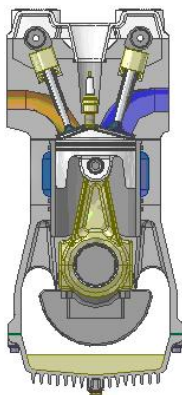


Э.В. КЛЕЩИН, В.П. ГИЛЕТА

РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ, КОНСТРУКЦИЯ И ОСНОВЫ РАСЧЕТА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Утверждено Редакционно-издательским советом университета
в качестве учебного пособия



НОВОСИБИРСК
2009

УДК 621.43.001.24(075.8)
К 489

Рецензенты:
д-р техн. наук, проф. *Ю.В. Дьяченко*,
канд. техн. наук, доц. *В.В. Коноводов*

Клещин Э.В.

К 489 Рабочие процессы, конструкция и основы расчета двигателей внутреннего сгорания : учеб. пособие / Э.В. Клещин, В.П. Гилета. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2009. – 256 с.

ISBN 978-5-7782-1335-7

Настоящее учебное пособие должно помочь студентам самостоятельно изучить рабочие процессы, конструкции и основы расчета автомобильных двигателей. При разработке пособия использовались материалы современных отечественных и зарубежных источников, анализировались новейшие достижения в области двигателестроения, представленные в отдельных патентах и на сайтах сети Интернет.

Пособие предназначено для студентов автомобильных специальностей средних и высших учебных заведений, изучающих курсы «Рабочие процессы, конструкция и основы расчета энергетических установок и транспортно-технологического оборудования», «Конструкция, расчет и потребительские свойства изделий» и «Автомобильные двигатели», а также может быть использовано для самообразования и повышения квалификации инженерно-технического персонала.

УДК 621.43.001.24(075.8)

SBN 978-5-7782-1335-7

© Клещин Э.В., Гилета В.П., 2009
© Новосибирский государственный
технический университет, 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

| | |
|--|----|
| Введение | 3 |
| 1. КЛАССИФИКАЦИЯ И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ ТЕПЛОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ | 4 |
| 1.1. Принципиальные схемы и принцип действия тепловых двигателей с внешним подводом теплоты | 4 |
| 1.1.1. Паровой двигатель | 4 |
| 1.1.2. Двигатель Стирлинга | 5 |
| 1.2. Принципиальные схемы и принцип действия двигателей внутреннего сгорания | 10 |
| 1.2.1. Газотурбинный двигатель | 11 |
| 1.2.2. Реактивный двигатель | 11 |
| 1.2.3. Поршневые четырехтактные и двухтактные двигатели | 11 |
| 1.2.4. Другие известные схемы поршневых двигателей | 28 |
| 1.2.5. Бесшатунные двигатели | 31 |
| 1.2.6. Комбинированные двигатели | 40 |
| 1.2.7. Гибридные двигатели | 42 |
| 1.2.8. Двигатели без вредных выбросов | 45 |
| 1.2.9. Водородные двигатели | 48 |
| 1.2.10. Двигатели на природном газе | 52 |
| 1.3. Классификация автотракторных двигателей | 53 |
| 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА В ПОРШНЕВЫХ ЧЕТЫРЕХТАКТНЫХ ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ | 54 |
| 2.1. Процесс газообмена | 54 |
| 2.1.1. Расчет параметров, характеризующих процесс наполнения и газообмена | 59 |
| 2.1.2. Особенности расчета процессов впуска и газообмена дизельного двигателя и двигателя с искровым зажиганием с газотурбинным наддувом | 64 |
| 2.1.3. Факторы, влияющие на наполнение цилиндра | 66 |

| | |
|--|-----|
| 2.2. Процесс сжатия | 71 |
| 2.2.1. Особенности расчета процесса сжатия дизельного двигателя с газотурбинным наддувом | 73 |
| 2.3. Процесс смесеобразования | 73 |
| 2.3.1. Процессы смесеобразования в бензиновых двигателях | 73 |
| 2.3.2. Испарение топлива | 74 |
| 2.3.3. Неравномерность состава смеси по цилиндрам | 75 |
| 2.3.4. Образование расслоенных зарядов..... | 76 |
| 2.3.5. Смесеобразование в дизельных двигателях | 78 |
| 2.3.6. Особенности смесеобразования в газовых двигателях..... | 79 |
| 2.4. Процесс сгорания | 80 |
| 2.4.1. Процесс сгорания в двигателях с искровым зажиганием..... | 81 |
| 2.4.2. Детонационное сгорание. Факторы, влияющие на появление детонации..... | 91 |
| 2.4.3. Преждевременное самовоспламенение..... | 92 |
| 2.4.4. Последующее самовоспламенение..... | 93 |
| 2.4.5. Процесс сгорания в дизельных двигателях | 94 |
| 2.5. Процесс расширения..... | 100 |
| 2.5.1. Параметры рабочего тела в конце процесса расширения в двигателях с искровым зажиганием | 101 |
| 2.5.2. Параметры рабочего тела в конце процесса расширения для дизелей | 101 |
| 2.5.3. Особенности расчета процесса расширения в дизельном двигателе с газотурбинным наддувом | 101 |
| 2.5.4. Проверка правильности выбора параметров остаточных газов | 102 |
| 2.6. Определение энергетических, эксплуатационных и геометрических параметров двигателя | 102 |
| 2.6.1. Расчетное и действительное среднее индикаторное давление | 102 |
| 2.6.2. Индикаторный КПД и удельный индикаторный расход топлива | 103 |
| 2.6.3. Механические (внутренние) потери и эффективные показатели двигателя..... | 104 |
| 2.6.4. Определение размеров цилиндра и хода поршня | 106 |
| 2.6.5. Тепловой баланс двигателя | 108 |

| | |
|--|-----|
| 3. АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭКОНОМИЧНОСТЬ И МОЩНОСТЬ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ | 110 |
| 3.1. Факторы, влияющие на экономичность двигателя | 110 |
| 3.2. Факторы, влияющие на мощность двигателя | 113 |
| 4. ХАРАКТЕРИСТИКИ И УСТОЙЧИВОСТЬ РЕЖИМА РАБОТЫ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ..... | 116 |
| 4.1. Характеристики двигателя | 117 |
| 4.1.1. Внешняя скоростная характеристика | 117 |
| 4.1.2. Нагрузочная характеристика..... | 119 |
| 4.1.3. Регулировочные характеристики..... | 121 |
| 4.2. Устойчивость режима работы и запас крутящего момента двигателя..... | 121 |
| 5. СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ.... | 122 |
| 5.1. Карбюраторные системы питания | 123 |
| 5.2. Способы совершенствования впрыска топлива и систем управления..... | 131 |
| 5.2.1. Конструктивные схемы систем питания и управления с помощью моновпрыска | 133 |
| 5.2.2. Системы распределенного впрыска топлива..... | 139 |
| 5.2.3. Система непосредственного впрыска топлива «GDI» | 144 |
| 5.2.4. Перспективные направления развития систем непосредственного впрыска топлива и увеличения мощности разрабатываемых бензиновых двигателей | 146 |
| 5.3. Системы питания дизельного двигателя..... | 149 |
| 5.3.1. Система с многоплунжерным топливным насосом высокого давления с рядным расположением плунжерных пар | 150 |
| 5.3.2. Система с топливным одноплунжерным насосом высокого давления распределительного типа | 151 |
| 5.3.3. Система питания с общим аккумулятором топлива (система типа «Common Rail») | 153 |
| 5.3.4. Система впрыска насосом-форсункой | 154 |
| 5.4. Системы питания, работающие на принципе карбюрации и впрыска при использовании в качестве топлива сжиженного газа | 157 |
| 5.5. Альтернативные виды топлив и горючих смесей | 159 |
| 5.6. Принятые сокращения систем питания и управления работой двигателей зарубежных легковых автомобилей | 161 |

| | |
|--|-----|
| 6. КОНСТРУКЦИЯ МЕХАНИЗМОВ И СИСТЕМ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ | 162 |
| 6.1. Механизм газораспределения | 162 |
| 6.1.1. Конструкции механизмов газораспределения | 163 |
| 6.1.2. Регулирование фаз клапанного газораспределения | 170 |
| 6.1.3. Конструктивные соотношения элементов клапана | 171 |
| 6.1.4. Определение основных параметров механизма газораспределения | 173 |
| 6.1.5. Элементы клапанного механизма газораспределения | 174 |
| 6.2. Кривошипно-шатунный механизм | 181 |
| 6.2.1. Подвижная группа деталей | 182 |
| 6.2.2. Неподвижная группа деталей | 206 |
| 6.3. Система смазки | 211 |
| 6.3.1. Приборы смазочной системы | 213 |
| 6.3.2. Вентиляция картера | 215 |
| 6.3.3. Основы расчета системы смазки двигателей | 216 |
| 6.3.4. Моторные масла | 217 |
| 6.4. Система охлаждения | 220 |
| 6.4.1. Устройство и работа системы охлаждения | 220 |
| 6.4.2. Основы расчета жидкостной системы охлаждения | 224 |
| 6.4.3. Охлаждающие жидкости | 225 |
| 6.5. Система пуска двигателей | 226 |
| 6.5.1. Способы пуска двигателей | 227 |
| 6.5.2. Энергетика запуска | 228 |
| 6.5.3. Средства, облегчающие пуск двигателя | 230 |
| 6.6. Способы уменьшения токсичности отработавших газов, требования стандарта Евро, глушители и проблемы снижения шума | 235 |
| 7. ОСНОВЫ РАСЧЕТА ПРОЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ | 241 |
| 7.1. Оценка прочности узлов и деталей | 241 |
| 7.2. Расчет деталей на прочность с учетом влияния переменной нагрузки | 243 |
| 7.3. Оценка работоспособности теплонапряженных деталей двигателя | 245 |
| 8. АНАЛИЗ ОСНОВНЫХ ТЕНДЕНЦИЙ РАЗВИТИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ | 247 |
| Библиографический список | 251 |