



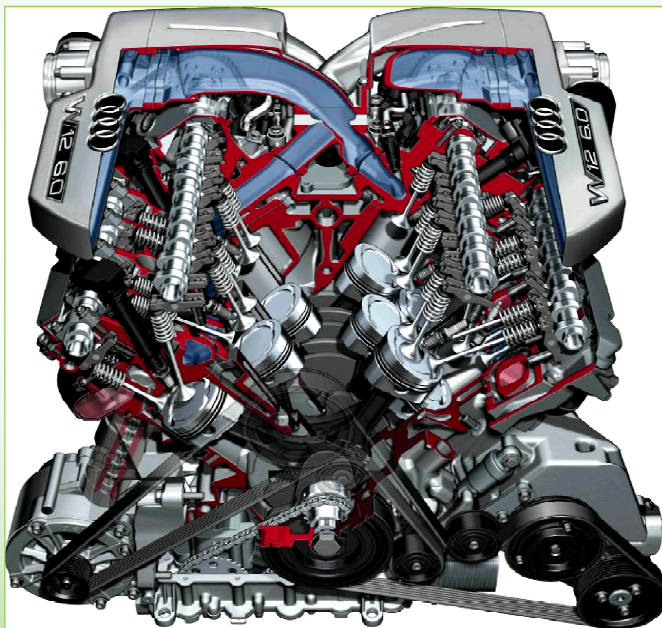
Digitally signed by
Technical Scientific
Library, TUM
Reason: I attest to the
accuracy and integrity of
this document

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой и практических работ**

Часть I. Тепловой расчет двигателя



**Кишинэу
2023**

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

**ФАКУЛЬТЕТ ИНЖЕНЕРНОЙ МЕХАНИКИ,
ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ТРАНСПОРТА
ДЕПАРТАМЕНТ ТРАНСПОРТА**

ДВИГАТЕЛИ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению курсовой и практических работ**

Часть I. Тепловой расчет двигателя

**Chişinău
Editura „Tehnica-UTM”
2023**

CZU 621.43(075.8)(076.5)

П 404

Работа была обсуждена и принята к редактированию на заседании Совета Факультета Инженерной Механики, Промышленности и Транспорта от 14.03.2023 протокол №4.

Методические указания по выполнению курсовой и практических работ по предмету *Двигатели внутреннего сгорания* соответствуют требованиям учебной программы и предназначены, в первую очередь, для студентов специальности *0716.1 Инженерия автотранспорта*.

Также, в равной степени адресована студентам специальностей, связанных с сельскохозяйственной и строительной техникой с двигателями внутреннего сгорания. Работа может быть полезна, в том числе, и студентам, слушающим курсы тепловых двигателей по специальностям, связанным с железнодорожным и морским транспортом.

Авторы: унив. преподаватель Василе ПЛЭМЭДЯЛЭ
др. тех. наук, конф. унив. Владимир ГОЯН
унив. преподаватель Илие БЕЮ

DESCRIEREA CIP A CAMEREI NAȚIONALE A CĂRȚII DIN RM

Плэмэдялэ, Василе.

Двигатели внутреннего сгорания: Методические указания по выполнению курсовой и практических работ / Василе Плэмэдялэ, Владимир Гоян, Илие Бео; Технический университет Молдовы, Факультет инженерной механики, промышленности и транспорта, Департамент транспорта.

– Chișinău: Tehnica-UTM, 2023 – . – ISBN 978-9975-45-925-9.

Cerințe de sistem: PDF Reader.

Ч. 1: Тепловой расчет двигателя. – 2023. – 123 p.: tab.

– Aut. indicați pe vs. f. de tit. – Bibliogr.: p. 112-113 (20 tit.).

– ISBN 978-9975-45-926-6 (PDF).

621.43(075.8)(076.5)

П 404

ISBN 978-9975-45-925-9

ISBN 978-9975-45-926-6 (Часть I) (PDF)

© UTM, 2023

СОДЕРЖАНИЕ

СОКРАЩЕНИЯ.....	6
ВВЕДЕНИЕ.....	7
1. ВЫБОР ИСХОДНЫХ ДАННЫХ.....	10
1.1. Необходимость теплового расчета двигателя.....	10
1.2. Прототип двигателя.....	10
1.3. Номинальная мощность двигателя.....	10
1.4. Число тактов двигателя.....	17
1.5. Количество цилиндров двигателя и их расположение.....	17
1.6. Основные размеры двигателя и скорость поршня.....	18
1.7. Литровая мощность двигателя.....	22
1.8. Степень сжатия двигателя.....	22
1.9. Коэффициент избытка воздуха.....	24
2. ПАРАМЕТРЫ ВПУСКНОГО ПРОЦЕССА.....	25
2.1. Исходные условия состояния газов.....	25
2.2. Давление и температура остаточных газов.....	28
2.3. Температура подогрева свежего заряда.....	30
2.4. Давление свежего заряда в конце впуска.....	31
2.5. Коэффициент остаточных газов.....	34
2.6. Температура свежего заряда в конце впуска.....	35
2.7. Коэффициент наполнения.....	36
3. ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СЖАТИЯ.....	38
3.1. Показатель политропы сжатия.....	38
3.2. Давление смеси в конце процесса сжатия.....	38
3.3. Температура смеси в конце процесса сжатия.....	39
3.4. Средняя мольная теплоемкость рабочей смеси в конце процесса сжатия.....	39
4. ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА СГОРАНИЯ.....	44
4.1. Состав топлива и низшая теплота сгорания.....	44
4.2. Параметры рабочего тела.....	46

4.3.	Количество теплоты, потерянное вследствие химической неполноты сгорания и теплота неполноты сгорания.....	50
4.4.	Коэффициент использования теплоты.....	50
4.5.	Степень повышения давления сгорания.....	51
4.6.	Средняя молярная теплоемкость продуктов сгорания.....	52
4.7.	Температура в конце сгорания.....	52
4.8.	Давление в конце сгорания.....	53
4.9.	Максимальное действительное давление в конце сгорания.....	53
4.10.	Степень предварительного и последующего расширения.....	54
5.	ПАРАМЕТРЫ ПРОЦЕССА РАСШИРЕНИЯ.....	55
5.1.	Показатель политропы расширения.....	55
5.2.	Давление в конце расширения.....	56
5.3.	Температура в конце расширения.....	56
6.	ПАРАМЕТРЫ ВЫПУСКНОГО ПРОЦЕССА.....	58
6.1.	Проверка точности принятия величины температуры остаточных газов.....	58
7.	РАСЧЕТ КАЧЕСТВЕННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЗМЕРОВ ДВИГАТЕЛЯ.....	60
7.1.	Индикаторные параметры двигателя.....	60
7.2.	Эффективные показатели двигателя.....	63
7.3.	Определение размеров двигателя.....	67
7.4.	Индикаторная мощность двигателя.....	68
7.5.	Эффективная мощность двигателя.....	68
7.6.	Эффективный крутящий момент двигателя.....	69
7.7.	Литровая мощность двигателя.....	69
7.8.	Часовой расход топлива.....	69
7.9.	Часовой расход воздуха.....	69
8.	ТЕПЛОВОЙ БАЛАНС ДВИГАТЕЛЯ.....	70
8.1.	Уравнение теплового баланса двигателя.....	70
8.2.	Общее количество теплоты, развиваемое в двигателе при сгорании топлива за одну секунду...	71

8.3. Теплота, преобразуемая в эффективную механическую работу.....	71
8.4. Теплота, передаваемая окружающей среде через систему охлаждения.....	71
8.5. Теплота, передаваемая окружающей среде через выхлопные газы.....	72
8.6. Теплота, потерянная из-за химической неполноты сгорания топлива.....	73
8.7. Остальные потери теплоты неучтенные другими составляющими теплового баланса двигателя.....	74
8.8. Относительный тепловой баланс двигателя.....	74
9. ПОСТРОЕНИЕ ИНДИКАТОРНОЙ ДИАГРАМЫ ДВИГАТЕЛЯ.....	75
10. ПОСТРОЕНИЕ ВНЕШНЕЙ СКОРОСТНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВИГАТЕЛЯ.....	82
11. РАСЧЕТ КИНЕМАТИКИ И ДИНАМИКИ КРИВОШИПНО-ШАТУННОГО МЕХАНИЗМА.....	86
11.1. Расчет кинематики кривошипно-шатунного механизма.....	86
11.2. Расчет динамики кривошипно-шатунного механизма.....	93
БИБЛИОГРАФИЯ.....	112
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	114

ВВЕДЕНИЕ

Двигатели внутреннего сгорания получили широкое распространение в автомобилестроении. Эти двигатели отличаются компактностью, высокой экономичностью, длительным сроком службы, а также используются в различных отраслях народного хозяйства.

В настоящее время особое внимание уделяется снижению токсичности и количества вредных газов, выбрасываемых в атмосферу, а также снижению уровня шума, производимого двигателями.

Успешное применение двигателей внутреннего сгорания, разработка экспериментальных конструкций и повышение мощностных и экономических показателей стали возможны во многом благодаря исследованиям и разработкам теории рабочих процессов двигателей внутреннего сгорания.

Раздельное рассмотрение процессов в двигателях и их расчет позволяют определить показатели циклов, мощности и экономичности, а также давления газов, действующих в надпоршневом пространстве, в зависимости от угла поворота коленчатого вала. По расчетам можно определить основные размеры двигателя и проверить прочность основных деталей.

В методических указаниях рассматривается классический метод теплового расчета двигателя, разработанный профессором *В. И. Гриневецким* в 1907 году, впоследствии модернизированный учеными *Е. Г. Мазингом*, *Н. Р. Брилингом*, *А. С. Орлиным* и *Б. С. Стечкиным*. Метод, основанный на общеизвестных законах термодинамики и термохимии, в логической последовательности полностью охватывает физическую сущность явлений, происходящих в цилиндрах двигателя, и дает целостное представление о рабочем процессе двигателя внутреннего сгорания. Метод базируется на рассмотрении так называемого расчетного цикла, поскольку реальный цикл, протекающий в цилиндрах двигателя, не может быть описан теоретически с точностью до

сих пор из-за несовершенства расчетных методик и сложности протекающих в нем процессов.

Тепловой расчет двигателя, как правило, проводится только для номинального режима работы двигателя в наиболее выгодных условиях протекания рабочего процесса. Поэтому в методических указаниях и специальной литературе все числовые значения параметров рабочего процесса относятся к номинальному режиму.

Рабочий цикл двигателя внутреннего сгорания состоит из пяти последовательно протекающих процессов: впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск. Соответственно, в этом порядке и выполняется тепловой расчет двигателя. Однако, в следствие того, что в расчетах используется целый ряд параметров, значения которых выбираются из опытных данных, собственно расчетам должны предшествовать обоснования выбора этих параметров. Успешное выполнение этой задачи требует углубленных знаний в теории рабочего процесса двигателя внутреннего сгорания, что обеспечит лучшее понимание взаимосвязей и взаимодействия параметров между собой, учет многих конструктивных, режимных, эксплуатационных и других факторов и, в конечном счете, правильный и грамотный подбор исходных экспериментальных данных. Только в этом случае тепловой расчет может быть проведен успешно.

Предложенное изложение методики теплового расчета двигателя сопровождается теоретическим комментарием и определениями характерных параметров, что будет способствовать лучшему пониманию студентами физической сущности теплового расчета двигателя внутреннего сгорания.

При разработке методических указаний были учтены пожелания, вопросы и предложения студентов по тепловому расчету автомобильных двигателей и некоторые теоретические аспекты из кинематического и динамического анализа кривошипно-шатунного механизма.

Для облегчения разработки программы расчета в работе перечислены этапы, выбранные величины и соответствующие отношения, чтобы их можно было вводить в программу последовательно, в том порядке, в котором они появляются. Ввиду разнообразия программного обеспечения для математических расчетов, а также автоматизированного проектирования в целом, авторы не навязывают программную модель, оставляя ее выбор и разработку на усмотрение каждого студента.

Принимая во внимание комментарии читателей к содержанию и возможные ошибки, которые могли быть допущены в работе, авторы будут восприимчивы к любым предложениям и замечаниям.

ЛИТЕРАТУРА

1. Plămădeală V., Beiu I. Indicații metodice privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice la disciplina „*Motoare auto*”. Chișinău, 2015. 92 p. ISBN 978-9975-125-36-9.
2. Plămădeală V., Beiu, I. Indicații metodice privind efectuarea lucrării de an și lucrărilor practice la disciplina „*Motoare termice pentru tracțiunea feroviară*”. Chișinău, 2015. 96 p. ISBN 978-9975-45-387-5.
3. Bobescu Gh. ș.a. *Motoare pentru automobile și tractoare. Teorie și caracteristici*. Volumul I. Chișinău, 1997. – 239 p. ISBN 9975-910-17-3.
4. Bobescu Gh. ș.a. *Motoare pentru automobile și tractoare. Dinamică, calcul și construcție*. Volumul II. Chișinău, 1998. – 409 p. ISBN 9975-910-27-0.
5. Chiriac R. *Calculul termic și dinamic al motoarelor cu ardere internă*. Îndrumar de proiect. București, 2004. – 40 p.
6. Gaiginschi I., Zatreanu Gh. *Motoare cu ardere internă, construcție și calcul*. Volumul 1-2. Iași, 1995. – 737 p. ISBN 973-9178-19-7.
7. Rakosi E., Roșca R., Manolache Gh. *Ghid de proiectare a motoarelor cu ardere internă pentru automobile*. Iași, 2004. – 193 p. ISBN 973-621-085-5.
8. Архангелский В. М. и др. *Автомобильные двигатели*. Москва, 1977. – 591 с.
9. Богданов С. Н., Буренков М. М., Иванов И. Е. *Автомобильные двигатели*. Москва, 1987. – 368 с.
10. Хачиян А. С. и др. *Двигатели внутреннего сгорания*. Второе издание, переработанное и дополненное. Москва, 1985. – 311 с.
11. Колчин А. И., Демидов В. П. *Расчет автомобильных и тракторных двигателей*. Издание четвертое стереотипное. Москва, 2008. – 496 с. ISBN 978-5-06-003828-6.

12. Курасов В. С., Драгуленко В. В., Сидоренко С. М. *Теория двигателей внутреннего сгорания*. Учебное пособие. Краснодар, 2013. – 86 с. ISBN 978-5-94672-740-2.
13. Луканин В. Н., Шатров М. Г. *Двигатели внутреннего сгорания. Динамика и конструирование*. Издание третье переработанное. Москва, 2007. – 400 с.
14. Луканин В. Н. и др. *Двигатели внутреннего сгорания. Теория рабочих процессов*. Москва, 1995. – 368 с. ISBN 5-06-003298-1. ISBN 5-06-003295-7 (кн. 1).
15. Луканин В. Н. и др. *Двигатели внутреннего сгорания: динамика и конструирование*. Москва, 1995. – 319 с. ISBN 5-06-003298-1. ISBN 5-06-003296-5 (кн. 2).
16. Шатров М. Г. *Автомобильные двигатели: Курсовое проектирование*. Учебное пособие. Москва, 2011. – 256 с. ISBN 978-5-7695-6858-9.
17. Вахламов В., Шатров М., Юрчевский А. *Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя*. Учебник. Москва, 2003. – 816 с. ISBN 5-7695-1149-4.
18. Вырубов Д. Н. и др. *Двигатели внутреннего сгорания: Теория поршневых и комбинированных двигателей*. Четвертое издание, переработанное и дополненное. Москва, 1983. – 372 с.
19. Вырубов Д. Н. и др. *Двигатели внутреннего сгорания: Конструкция и расчет на прочность поршневых и комбинированных двигателей*. Четвертое издание, переработанное и дополненное. Москва, 1984. – 384 с.
20. Интернет-ресурсы (www.google.md) и др.