

В. М. ТАРЕЕВ

СПРАВОЧНИК

по ТЕПЛОВОМУ РАСЧЕТУ
РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА
ДВИГАТЕЛЕЙ
ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	7
Главнейшие обозначения	9
Список расчетных графиков	16

ЧАСТЬ ПЕРВАЯ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕПЛОВОГО РАСЧЕТА

Глава 1. Задачи, методы, основные этапы теплового расчета двигателей внутреннего сгорания, состав рабочей смеси и продуктов сгорания

§ 1. Задачи теплового расчета двигателей	17
§ 2. Методы теплового расчета двигателей внутреннего сгорания	18
§ 3. Основные этапы теплового расчета двигателей	20
§ 4. Виды топлив	21
§ 5. Потребный воздух, продукты сгорания и теплотворность жидких топлив	24
§ 6. Потребный воздух, продукты сгорания и теплотворность горючих газов	30
§ 7. Относительное изменение объема рабочей смеси при сгорании в двигателях	34

Глава 2. Коэффициенты и температуры, характеризующие процесс зарядки в четырехтактных двигателях

§ 1. Формулы В. И. Гриневецкого и Е. К. Мазинга	40
§ 2. Уравнения С. Е. Лебедева	44
§ 3. Уточненные формулы коэффициента наполнения и начальной температуры	47
§ 4. Формулы коэффициента остаточных газов γ для четырехтактных двигателей	49
§ 5. Сводка главнейших формул главы	
§ 6. Примерные подсчеты для четырехтактных двигателей	56
§ 7. Определение коэффициента ζ_c для четырехтактных двигателей	59

Глава 3. Коэффициенты, характеризующие процесс зарядки двухтактных двигателей

§ 1. Коэффициенты, характеризующие полученный цилиндром воздушный заряд	65
§ 2. Коэффициенты, характеризующие относительное количество израсходованного на продувку воздуха	67
§ 3. Зависимость коэффициента остаточных газов от коэффициента избытка продувочного воздуха	72
§ 4. Определение температуры T_a начала сжатия в двухтактных двигателях	77
§ 5. Формулы коэффициента наполнения в двухтактных двигателях	81
§ 6. Определение коэффициента ζ_c для двухтактных двигателей	83

Справочник содержит основные вопросы теплового расчета двигателей внутреннего сгорания. В первой части книги даны теоретические основания и вспомогательные материалы, используемые при проведении расчетов. Вторая часть содержит двенадцать примерных тепловых расчетов разнотипных двигателей, отличающихся топливом, числом тактов, степенью сжатия, типом продувки, наличием или отсутствием наддува, быстроходностью и пр.

При составлении справочника использованы в той или иной степени различные опубликованные варианты теплового расчета, базирующиеся на методе проф. В. И. Гриневецкого.

Этот справочник предназначен для студентов высших учебных заведений и аспирантов, а также для научно-исследовательских институтов и заводских конструкторских бюро.

В. М. ТАРЕЕВ
ПРОФЕССОР, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИ

СПРАВОЧНИК ПО ТЕПЛОВОМУ РАСЧЕТУ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

*Издание третье,
переработанное*



ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
Ленинград 1961

Глава 4. Кинематика органов газораспределения двухтактных двигателей

§ 1. Зависимость положения поршня от угла поворота кривошипа .	85
§ 2. Вычисление интеграла градус-доли для перемещения поршня .	92
§ 3. Эмпирические формулы для интеграла градус-доли	94
§ 4. Интегральная кривая градус-долей b от н. м. т.	97
§ 5. Время-сечение и угол-сечение, их связь с градус-долями . .	98
§ 6. Универсальные графики для приближенного расчета газораспределений (окон и клапанов)	107

Глава 5. Расчет продувочных окон

§ 1. Вычисление потребного время-сечения продувки	117
§ 2. Определение высоты продувочных окон при простой контурной продувке	122
§ 3. Выбор коэффициентов и дальнейшие упрощения формул . .	124
§ 4. Кривошипно-камерная продувка	130
§ 5. Контурная продувка с регулирующим золотником или автоматическими клапанами для осуществления наддува	131
§ 6. Прямоточная клапанно-щелевая продувка	133
§ 7. Расчет продувочных окон для двигателей с двухпоршневыми цилиндрами при двухвальном механизме	134
§ 8. Расчет продувочных окон для двигателей с двухпоршневыми цилиндрами при одновальном механизме	138

Глава 6. Расчет предварения выпуска

§ 1. Необходимое время-сечение	142
§ 2. Располагаемое время-сечение	145
§ 3. Вычисление конечного давления p_m по время-сечению . . .	147
§ 4. Упрощенные формулы для расчета предварения выпуска . .	149
§ 5. Вычисление точек линии выпуска последовательным рассмотрением элементарных участков процесса	150
§ 6. Точное интегрирование уравнения процесса выпуска	152

Глава 7. Теплоемкости продуктов сгорания и рабочей смеси для основных видов топлива

§ 1. Теплоемкости газовых смесей	157
§ 2. Теоретические продукты полного сгорания нефтяного топлива среднего состава	158
§ 3. Теплоемкость дымовых газов $C_{вт.д}$ нефтяного топлива . .	161
§ 4. Теплоемкость рабочей смеси $C_{вт.см}$ в нефтяном двигателе .	164
§ 5. Теплоемкость продуктов сгорания $C_{вт.дп}$ в двигателях, работающих на нефтяном топливе с впрыском воды	166
§ 6. Коэффициенты молекулярного изменения и теплоемкость рабочей смеси $C_{см.п}$ в двигателях нефтяного топлива с впрыском воды	167
§ 7. Коэффициент молекулярного изменения μ_0 и теплоемкость $C_{вт.д}$ продуктов неполного сгорания бензина	168
§ 8. Состав теоретических (при $\alpha = 1$) продуктов полного сгорания бензина	171
§ 9. Теплоемкость теоретических продуктов полного сгорания бензина	173
§ 10. Теплоемкость продуктов полного сгорания бензина при $\alpha > 1$.	174
§ 11. Теплоемкость бензино-воздушной рабочей смеси с остаточными газами при неполном сгорании	175

§ 12. Теплоемкость рабочей смеси при полном сгорании бензина	177
§ 13. Состав теоретических продуктов полного сгорания генераторного газа (при $\alpha = 1$)	178
§ 14. Теплоемкость теоретических продуктов сгорания генераторного газа	180
§ 15. Теплоемкость дымовых газов генераторного газа при произвольном $\alpha > 1$	181
§ 16. Теплоемкость генераторного газа	184
§ 17. Теплоемкость газозоудушной чистой смеси для генераторного газа	185
§ 18. Теплоемкость рабочей смеси для газогенераторных двигателей	187
§ 19. Приближенная формула для теплоемкости рабочей смеси в газогенераторных двигателях	188
§ 20. Состав теоретических (при $\alpha = 1$) продуктов сгорания природного и других высококалорийных газов	—
§ 21. Теплоемкость теоретических продуктов сгорания природного газа	193
§ 22. Теплоемкость дымовых газов природного газа при произвольном α	194
§ 23. Теплоемкость рабочей смеси природного газа	197
Глава 8. Процесс сжатия	
§ 1. Основные формулы	200
§ 2. Средний показатель адиабаты сжатия k_1	201
§ 3. Показатель k_1 для двигателей тяжелого жидкого топлива (дизельного или моторного)	203
§ 4. Показатель адиабаты k_1 для бензиновых двигателей при $\alpha < 1$	205
§ 5. Показатель k_1 для газогенераторных двигателей	206
§ 6. Показатель k_1 для двигателей, работающих на природном газе	207
§ 7. Выбор показателя политропы сжатия n_1	209
Глава 9. Уравнение сгорания	
§ 1. Вывод основных формул для смешанного сгорания	212
§ 2. Основные уравнения сгорания для изохорного подвода тепла	219
§ 3. Основные уравнения сгорания для изобарного подвода тепла	220
§ 4. Главнейшие частные случаи уравнения сгорания	221
Глава 10. Процесс расширения	
§ 1. Основные формулы	227
§ 2. Показатель k_2 для двигателей тяжелого жидкого топлива	228
§ 3. Показатель k_2 для бензиновых двигателей при $\alpha < 1$	230
§ 4. Показатель k_2 для газогенераторных двигателей	231
§ 5. Показатель k_2 для двигателей на природном газе	233
§ 6. Выбор показателя политропы расширения n_2	234
Глава 11. Насосные потери, потери на трение, потери на нагнетатель	
§ 1. Насосные потери в четырехтактных двигателях	238
§ 2. Потери на трение в четырехтактных двигателях	241
§ 3. Потери на трение в двухтактных двигателях	245
§ 4. Затрата работы на нагнетатель	246
§ 5. Работа, производимая газовой турбиной	249
§ 6. Температура T_T отработавших газов	252
§ 7. Соотношение давлений p_s и p_p	256

Глава 12. Вычисление среднего индикаторного и среднего эффективного давления, определение основных размеров цилиндра, нахождение экономических показателей работы двигателя, построение проектной индикаторной диаграммы

§ 1. Формулы предварительного (теоретического) среднего индикаторного давления	259
§ 2. Исправленное среднее индикаторное давление для двухтактных двигателей	260
§ 3. Исправленное среднее индикаторное давление для четырехтактных двигателей, без вычета насосных потерь	261
§ 4. Исправленное среднее индикаторное давление с вычетом	—
§ 5. Среднее эффективное давление в двухтактных двигателях	—
§ 6. Среднее эффективное давление в четырехтактных двигателях	262
§ 7. Механический коэффициент полезного действия в двухтактных двигателях	263
§ 8. Механический коэффициент полезного действия в четырехтактных двигателях	—
§ 9. Определение основных размеров цилиндра	264
§ 10. Удельные расходы топлива и коэффициенты полезного действия	267
§ 11. Выбор коэффициента α в подготовительной части теплового расчета	273
§ 12. Построение проектной индикаторной диаграммы	277

ЧАСТЬ ВТОРАЯ

ТЕПЛОВЫЕ РАСЧЕТЫ ГЛАВНЕЙШИХ ТИПОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

Глава 13. Тепловой расчет четырехтактного тихоходного двигателя низкого сжатия на генераторном газе из антрацита	279
Глава 14. Расчет калоризаторного двигателя	289
Глава 15. Расчет четырехтактного карбюраторного автомобильного двигателя	298
Глава 16. Сокращенный расчет авиационного карбюраторного двигателя с наддувом (по Масленникову)	307
Глава 17. Расчет предкамерного дизеля с кривошипно-камерной продувкой	315
Глава 18. Расчет четырехтактного быстроходного дизеля с неразделенной камерой	325
Глава 19. Расчет четырехтактного дизеля (судового или тепловозного) с газотурбинным наддувом, без охлаждения воздуха после нагнетателя	334
Глава 20. Расчет тихоходного судового дизеля с петлевой продувкой от поршневого нагнетателя и с автоматическими клапанами для наддува	348
Глава 21. Расчет двухтактного дизеля с прямоточной клапанно-щелевой продувкой	358
Глава 22. Расчет тепловозного двигателя с прямоточной клапанно-щелевой схемой газораспределения при высоком комбинированном наддуве с промежуточным охлаждением	371
Глава 23. Расчет двухтактного дизеля с расходящимися поршнями	385
Глава 24. Расчет четырехтактного газожидкостного двигателя на природном газе	405
Литература	415

ПРЕДИСЛОВИЕ

Тепловой расчет двигателей внутреннего сгорания по методу проф. В. И. Гриневецкого известен в настоящее время в форме многочисленных вариантов, принадлежащих различным авторам. Эти варианты отличаются между собой общей структурой расчета, применимостью к различным типам двигателей, частично и обозначениями. Наибольшие различия вариантов теплового расчета относятся к подготовительной его части, в которой устанавливаются исходные параметры и коэффициенты.

Автор настоящего Справочника не ставил своей задачей обобщить опубликованные варианты теплового расчета, но выбирал из существующих те приемы решений, которые, по его мнению, являются наиболее удобными, или шел самостоятельным путем. Лишь в некоторых важнейших звеньях расчета производилось сопоставление различных вариантов.

Одним из затруднений при обработке материала Справочника был выбор системы обозначений.

Приведем несколько примеров употребления одних и тех же обозначений в различных смыслах:

p_n —давление воздуха после нагнетателя, давление в цилиндре в момент открытия продувочных окон, сопротивление насосных ходов;

p_k —давление сжатого воздуха перед цилиндром, сопротивление нагнетателя;

p_m —сопротивление трения, давление газов перед турбиной, удельная работа газовой турбины;

p_r —давление выпуска в цилиндре, давление перед турбиной, сопротивление трения;

η_v —коэффициент наполнения в четырех различных пониманиях (по состоянию окружающего воздуха или по состоянию в ресивере перед цилиндром; отнесенный ко всему ходу поршня или к его полезной части) и т. д.

Нередко применяются различные обозначения для одного и того же параметра, например, p_k , p_n и p_s —для давления воздуха в ресивере перед цилиндром; p_m , p_p и p_r —для давления газов перед турбиной; $p_{тр}$, p_m и p_m —для сопротивления трения; π , ω ,

ϵ_n и λ_n —для степени повышения давления в нагнетателе; φ_n , φ_d , ζ и a —для коэффициента полноты диаграммы и пр.

В трудности отбора обозначений можно убедиться сопоставлением работ проф. А. С. Орлина на протяжении многих лет.

Между тем, отсутствие единообразия в обозначениях основных параметров не только затрудняет чтение литературы, но может привести и к ошибкам.

Нелегко сделать также обоснованные обобщения рекомендуемых различными авторами значений расчетных коэффициентов (коэффициент остаточных газов, коэффициент избытка продувочного воздуха и т. п.).

Настоящее третье издание Справочника отличается от второго (1959 г.), помимо общей переработки, некоторыми сокращениями в первой части и увеличением числа примерных расчетов во второй части до 12 (при сохранении прежнего объема книги).

В первой части добавлены: §§ 5—7 гл. 2; § 6 гл. 3; §§ 2, 5 и 6 гл. 4; §§ 2—8 гл. 5; § 7 гл. 8; § 6 гл. 10 и § 11 гл. 12.

Во вторую часть введены новые примерные тепловые расчеты, составляющие содержание глав 18, 20, 21, 22 и 23. Прежние главы 16 и 21 опущены.

Автор

ГЛАВНЕЙШИЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ

Основные точки на схематических диаграммах рабочего цикла

(рис. 1)

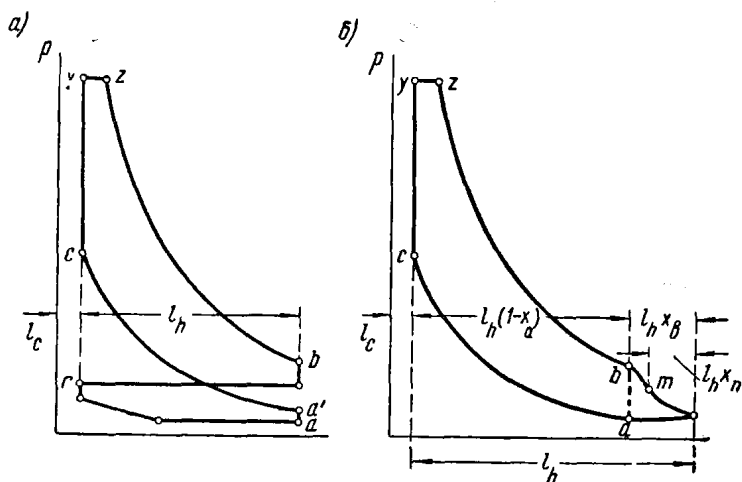


Рис. 1. Обозначение точек на проектных индикаторных диаграммах: а) для четырехтактных двигателей; б) для двухтактных двигателей с симметричной схемой газораспределения

- a —точка окончания впуска (всасывания или продувки);
- a' —точка начала сжатия (после дозарядки);
- c —точка конца сжатия;
- y —промежуточная точка на линии сгорания;
- z —конечная точка видимого сгорания;
- b —точка конца расширения;
- r —точка конца выпуска в четырехтактном цикле;
- m —точка начала открытия продувочных окон в двухтактном цикле.

Абсолютные давления в ата

(рис. 2)

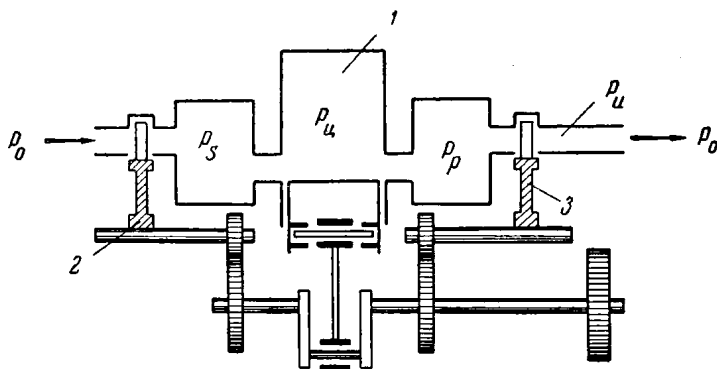


Рис. 2. Обозначение давлений в двигателях с наддувом
1—цилиндр; 2—нагнетатель; 3—газовая турбина

- p_q —давление окончания впуска (всасывания или продувки);
- p_a —давление начала сжатия (после дозарядки);
- p_z —давление сгорания (расчетное);
- p_z —давление сгорания исправленное;
- p_b —давление конца расширения (расчетное);
- p_b —давление в момент открытия выпускного органа;
- p_r —давление в конце хода выпуска (в четырехтактном цикле);
- $p_{\text{ц}}$ —давление в цилиндре во время продувки (в двухтактном цикле);
- p_0 —давление окружающего воздуха;
- p_s —давление сжатого воздуха в ресивере перед цилиндром;
- p_p —давление газов в выпускном коллекторе (перед соплами газовой турбины);
- p_u —противодавление за газовой турбиной.

Температуры ($T^\circ \text{ K}$ и $t^\circ \text{ C}$)

- $T_a (t_a)$ —температура начала сжатия в цилиндре;
- $T_c (t_c)$ —температура конца сжатия;
- $T_z (t_z)$ —температура конца сгорания (видимого);
- $T_b (t_b)$ —температура конца расширения;
- $T_r (t_r)$ —температура остаточных газов в момент конца хода выпуска в четырехтактном цикле;
- $T_x (t_x)$ —температура остаточных газов при давлении смешения с воздухом в четырехтактном цикле;

$T_0(t_0)$ —температура окружающего воздуха;

$T_s(t_s)$ —температура воздуха перед цилиндром, сжатого в нагнетателе;

$T_p(t_p)$ —температура газов в выпускном коллекторе (перед соплами газовой турбины);

$T'_o(t'_o)$ —температура воздушного заряда в цилиндре с нагревом от стенок;

$\tau = 0,001t$ —сокращенное обозначение температуры в тысячах $^{\circ}\text{C}$.

Объемы газов в расчетном цикле, выраженные в м^3 , при соответствующих параметрах

V_a —объем газов в начале сжатия;

V_c —объем газов в конце сжатия;

V_b —объем газов в конце расширения;

V_z —объем газов в конце видимого сгорания;

V_h —объем, описанный поршнем (рабочий объем цилиндра).

Количество и расход газа на 1 кг или 1 нм^3 топлива

L_0 —теоретически необходимый расход воздуха в молях;

V_0 —теоретически необходимый расход воздуха в нм^3 ;

l_0 —теоретически необходимый расход воздуха в кг;

M_I —количество чистой горючей смеси в молях;

V_I —количество чистой горючей смеси в нм^3 ;

M_{II} —количество чистых продуктов сгорания в молях;

V_{II} —количество чистых продуктов сгорания в нм^3 ;

M_r —количество остаточных газов в молях;

V_{III} —количество остаточных газов в нм^3 (также V_r);

M_c —количество рабочей смеси (с остаточными газами) перед сгоранием в молях;

V_k —количество рабочей смеси (с остаточными газами) перед сгоранием в нм^3 ;

M_e —количество продуктов сгорания с остаточными газами в молях;

V_e —количество продуктов сгорания с остаточными газами в нм^3 .

Показатели адиабат и политроп

k_1 —средний показатель адиабаты сжатия;

k_2 —средний показатель адиабаты расширения;

n_1 —показатель политропы сжатия;

n_2 —показатель политропы расширения;

m —показатель политропы расширения процесса выпуска;

- n —показатель политропы расширения между точками r и a в четырехтактном цикле;
 k —показатель адиабаты сжатия для теоретического цикла нагнетателя;
 n —показатель политропы сжатия в нагнетателе;
 k_m —показатель адиабаты расширения для теоретического цикла газовой турбины.

Средние давления—удельная работа, отнесенная к рабочему объему цилиндра и его тактности, в кг/см²

- p'_i —предварительное среднее индикаторное давление;
 p_i —среднее индикаторное давление (общее обозначение), а также среднее индикаторное давление без вычета насосных потерь в четырехтактном цикле;
 $p_{i.c}$ —среднее индикаторное давление с вычетом насосных потерь в четырехтактном цикле;
 p_e —среднее эффективное давление;
 δ_i —прибавок среднего индикаторного давления за счет процесса выпуска в двухтактном цикле;
 p_n —среднее сопротивление насосных процессов (насосные потери) в четырехтактном цикле;
 $p_{тр}$ —среднее сопротивление трения в механизме (потери на трение) в четырехтактном и в двухтактном циклах;
 $p_{т.н}$ —суммарная потеря на трение и насосные процессы в четырехтактном цикле;
 p_k —сопротивление нагнетателя, отнесенное к рабочему объему и тактности цилиндра двигателя;
 p_m —работа, получаемая от газовой турбины, отнесенная к рабочему объему и тактности цилиндра двигателя;
 $p_{пр}$ —потеря работы на привод нагнетателя (с вала двигателя).

Удельные расходы

- b_e —удельный эффективный расход жидкого топлива в кг/л. с. ч.;
 b_i —удельный индикаторный расход жидкого топлива в кг/л. с. ч.;
 g_e —удельный эффективный расход горючего газа в нм³/л. с. ч.;
 g_i —удельный индикаторный расход горючего газа в нм³/л. с. ч.;
 q_e —удельный эффективный расход тепла в ккал/л. с. ч.;
 q_i —удельный индикаторный расход тепла в ккал/л. с. ч.;
 b —коэффициент присадки жидкого топлива в газожидкостном двигателе в кг на нм³ горючего газа;
 q —доля тепла, вносимого жидким топливом, по отношению к общему тепловому заряду в газожидкостном двигателе;
 d —коэффициент впрыска воды в кг на кг топлива.

Коэффициенты полезного действия

- η_e —эффективный коэффициент полезного действия;
 η_i —индикаторный к. п. д. (общее обозначение), а также индикаторный к. п. д. без учета насосных потерь в четырехтактном цикле;
 $\eta_{i.c}$ —индикаторный к. п. д. с учетом насосных потерь;
 η_m —механический к. п. д. (общее обозначение), а также механический к. п. д. без учета насосных потерь в четырехтактном цикле;
 $\eta_{m.c}$ —механический к. п. д. с учетом насосных потерь в четырехтактном цикле;
 $\eta_{ад}$ —адиабатный к. п. д. нагнетателя;
 $\eta_{m.k}$ —механический к. п. д. нагнетателя;
 η_k —эффективный относительный к. п. д. нагнетателя;
 η_{0i} —внутренний относительный к. п. д. турбины;
 $\eta_{m.t}$ —механический к. п. д. турбины;
 η_r —эффективный относительный к. п. д. газовой турбины;
 $\eta_{т.к}$ —общий к. п. д. турбокомпрессора.

Прочие коэффициенты

- α —коэффициент избытка воздуха (в рабочем цилиндре);
 $\alpha_{сум}$ —суммарный коэффициент избытка воздуха (в коллекторе перед газовой турбиной) с учетом утечки воздуха при продувке;
 α_1 —коэффициент избытка воздуха на линии сжатия, т. е. по отношению к газообразному горючему в газожидкостном двигателе;
 α_r —коэффициент избытка воздуха, необходимого для газового заряда;
 $\alpha_{ж}$ —коэффициент избытка воздуха, необходимого для запального жидкого топлива;
 $\varphi_{ф}$ —коэффициент распыливающего (форсуночного) воздуха при пневматическом распыливании топлива;
 $\alpha_{см}$ —коэффициент избытка воздуха для рабочей смеси, рассматриваемой как продукты сгорания;
 φ_0 —коэффициент избытка продувочного воздуха, относенный к окружающим параметрам;
 φ_s —коэффициент избытка продувочного воздуха, относенный к параметрам воздуха в ресивере;
 η_s —качественный коэффициент продувки;
 $\eta_{исп}$ —коэффициент использования продувочного воздуха;
 $\eta_{ут}$ —коэффициент утечки продувочного воздуха;
 $\varphi_{п}$ —коэффициент продувки;

- η_v или η_{vo} — коэффициент наполнения рабочего цилиндра, относенный к окружающим параметрам;
- η_{vs} или η_n — коэффициент наполнения рабочего цилиндра, относенный к параметрам воздуха в ресивере;
- μ_0 — теоретический коэффициент молекулярного изменения;
- μ_d — действительный коэффициент молекулярного изменения;
- μ_p — коэффициент расхода продувочных окон;
- μ_{po} — условный коэффициент расхода продувочных окон;
- μ_b — коэффициент расхода выпускных окон (или клапана);
- a и b — поправочные коэффициенты в формуле среднего индикаторного давления;
- ϵ — степень сжатия;
- ϵ_{geom} — условная (геометрическая) степень сжатия в двухтактном двигателе;
- λ — степень повышения давления в цилиндре;
- ρ — степень предварительного расширения в цилиндре;
- δ — степень последующего расширения;
- ω — степень повышения давления в нагнетателе;
- ω_m — степень понижения давления в газовой турбине;
- $\zeta_c > 1$ — коэффициент неравенства теплоемкостей при газообмене в цилиндре;
- $\zeta_1 > 1$ — коэффициент дозарядки (преимущественно в четырехтактных двигателях);
- $\zeta_r < 1$ — коэффициент очистки (частичной продувки в четырехтактных двигателях);
- ξ_z (или ξ) — коэффициент выделения тепла в процессе видимого сгорания;
- ξ_b — коэффициент выделения тепла, для точки конца расширения;
- γ — коэффициент остаточных газов.

Теплоемкость (ккал/нм³·град) и теплотворность

- $C_{vt. v}$ (или C_v) — теплоемкость воздуха (средняя объемная изохорная);
- $C_{vt. гв}$ (или $C_{гв}$) — теплоемкость газозвоздушной чистой горючей смеси (то же);
- $C_{vt. см}$ (или $C_{см}$) — теплоемкость рабочей смеси (то же);
- $C_{vt. c}$ (или C_k) — теплоемкость рабочей смеси при температуре начала сгорания t_c (то же);
- $C_{vt. т}$ (или C_t) — теплоемкость теоретических (при $\alpha=1$) продуктов сгорания (то же);
- $C_{vt. д}$ (или C_d) — теплоемкость продуктов сгорания при произвольном α (то же);

- $C_{v.t.z}$ (или C_e)—теплоемкость продуктов сгорания при температуре t_z (то же);
 $C_{p.t.z}$ —средняя объемная изобарная теплоемкость продуктов сгорания при температуре t_z ;
 Q_n —низшая теплотворность жидкого топлива, ккал/кг;
 H_n —низшая теплотворность газообразного топлива, ккал/м³.

Размеры и их доли

- D —диаметр цилиндра;
 F —площадь поршня;
 S —ход поршня;
 $\vartheta = \frac{S}{D}$ —отношение величины хода поршня к диаметру;
 f —площадь открытия клапана или окон;
 ζ_b и ζ_n —отношение полной площади открытия выпускных или продувочных окон к площади поршня;
 ν'_n —доля окружности, занятая продувочными окнами;
 ν_n —коэффициент использования окружности продувочными окнами;
 ν'_b —доля окружности, занятая выпускными окнами;
 ν_b —коэффициент использования окружности выпускными окнами;
 $x_{n1}, x_{n2}(x_n)$ —относительное расстояние поршня от его н. м. т. в долях хода поршня в моменты открытия и закрытия продувочных окон;
 $x_{b1}, x_{b2}(x_b)$ —то же в моменты открытия и закрытия выпускных окон (или выпускных клапанов);
 $x_a(x)$ —относительное расстояние поршня от н. м. т. в момент начала сжатия (потерянная доля хода поршня);
 $\sigma = 100x_n$;
 $\psi = 100x_b$;
 $\Delta = \psi - \sigma$;
 τ —коэффициент тактности (2 или 4).

СПИСОК РАСЧЕТНЫХ ГРАФИКОВ

Наименование	№ рис.	Стр.
Коэффициент неполноты выпуска γ для четырехтактных двигателей	2-2	52
Зависимость качественного коэффициента продувки η_s от коэффициента избытка продувочного воздуха φ_0	3-1	73
Зависимость q от $\frac{\alpha}{\theta}$ для окон при $\lambda = 1:4,5$	4-8	112
Кривые Σ и q для выпускных клапанов двухтактных двигателей	4-10	115
Коэффициент M_{Π} (или M_0) для расчета продувки	5-1	120
Кривые условного коэффициента расхода $\mu_{\Pi 0}$ (и $\mu'_{\Pi 0}$) для расчета продувочных окон	5-2	125
Диаграммы линий выпуска для двухтактных двигателей	6-1	154
Диаграмма теплоемкостей $C_{вт.д}$ дымовых газов нефтяного топлива	7-1	162
Диаграмма коэффициента q к формуле (7-18) для теплоемкости $C_{вт.см}$ в нефтяном двигателе	7-2	164
Диаграмма теплоемкости $C_{вт.д}$ дымовых газов для бензина при $\alpha < 1$	7-3	170
Диаграмма теплоемкости $C_{вт.см}$ для бензино-воздушной смеси при неполном сгорании	7-4	176
Диаграмма теплоемкости $C_{вт.д}$ для продуктов сгорания генераторного газа	7-5	182
Диаграмма теплоемкости $C_{вт.гв}$ газовойоздушной смеси для генераторного газа	7-6	186
Диаграмма теплоемкости $C_{вт.д}$ для продуктов сгорания природного газа	7-7	196
Диаграмма теплоемкости $C_{вт.гв}$ газовойоздушной смеси для природного газа	7-8	198
Номограмма $\theta = \epsilon^{n-1}$ или $\theta = \delta^{n-1}$	8-1	201
Зависимость k_1 от средней температуры сжатия для нефтяного двигателя	8-4	204
Зависимость k_1 от средней температуры сжатия для бензинового двигателя при неполном сгорании	8-5	205
Зависимость k_1 от средней температуры сжатия для газогенераторного двигателя	8-6	208
Зависимость k_1 от средней температуры сжатия для двигателей природного газа	8-7	208
Средний показатель адиабаты расширения k_2 для двигателей нефтяного топлива	10-1	229
Средний показатель адиабаты расширения k_2 для двигателей, работающих на бензине при $\alpha < 1$	10-2	230
Средний показатель адиабаты расширения k_2 для газогенераторных двигателей	10-3	232
Средний показатель адиабаты расширения k_2 для двигателей, работающих на природном газе	10-4	233