

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Энергетические установки подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования» (см. приложение 1)

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Энергетические установки подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования»

ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ: ЗАЧЁТ

Зачёт

Вопросы к зачёту по дисциплине «Энергетические установки подъёмно-транспортных, строительных, дорожных средств и оборудования»

1. Общие сведения о двигателях внутреннего сгорания.
2. Комбинированные и поршневые ДВС.
3. Термодинамические основы работы двигателей.
4. Показатели рабочего цикла двигателя
5. Экологические показатели работы ДВС.
6. Эксплуатационные режимы работы ДВС.
7. Надежность двигателей внутреннего сгорания.
8. Подбор двигателей для строительных и дорожных машин.
9. Кривошипно-шатунный механизм.
10. Корпус двигателя.
11. Агрегаты воздухообеспечения.
12. Впускная и выпускная системы двигателя.
13. Механизм газораспределения.
14. Топливные системы двигателей с воспламенением от сжатия.
15. Топливные системы двигателей работающих на газовом топливе.
16. Топливные системы ДВС с принудительным воспламенением.
17. Система зажигания ДВС.
18. Система смазки ДВС.
19. Система охлаждения ДВС.
20. Пуск и реверсирование ДВС.

Показатели и критерии оценивания

Зачёт в традиционной форме:

Зачтено			Не зачтено
Соответстви е критерию при ответе на все вопросы билета и дополнительны е вопросы	Имели место небольшие упущения в ответах на вопросы, существенным образом не снижающие их качество или имело место существенное упущение в ответе на один из вопросов,	Имеет место существенное упущение в ответах на вопросы, часть из которых была устранена студентом с помощью уточняющих	Имели место существенные упущения при ответах на все вопросы билета или полное несоответствие по более чем 50% материала вопросов

	которое за тем было устранено студентом с помощью уточняющих вопросов	вопросов	билета
--	---	----------	--------

Зачёт также может проводиться в тестовой форме

Верный ответ на каждый вопрос оценивается 1 баллом. За неверный ответ или отсутствие ответа выставляется 0 баллов. Общий балл определяется суммой баллов, полученных за верные ответы на вопросы. Максимальное количество баллов (верные ответы на все вопросы) – 30 баллов. Минимальный пороговый балл соответствует 60 % правильных ответов и равен **18 баллам**.

Процедура выполнения и проверки теста

Тест выполняется в компьютерной форме внутренней сети с использованием программной оболочки «АСТ». Тест проводится в любой аудитории, оснащенной персональными компьютерами с установленной программой «АСТ». Время выполнения теста 30 мин. В ходе выполнения теста, студенты могут делать черновые записи только на бланках, выдаваемых преподавателем перед началом тестирования. Черновые записи при проверке не рассматриваются.

Проверка выполнения отдельного задания и теста в целом производится автоматически. Общий тестовый балл сообщается студенту сразу после окончания тестирования.

Тестирование

Пример тестовых вопросов с вариантами ответов

1. Задание {{ 69 }} ТЗ № 69

Отметьте правильный ответ

Первый двигатель внутреннего сгорания был создан ...

- в 1977 г.
- в 1860 г.
- в 283 г.
- в 1921 г.

2. Задание {{ 70 }} ТЗ № 70

Отметьте правильный ответ

Первый теоретический цикл двигателя внутреннего сгорания разработал ...

- Рено
- Карно
- Пежо
- Форд

3. Задание {{ 71 }} ТЗ № 71

Отметьте правильный ответ

Какой из указанных типов двигателей не является двигателем внутреннего сгорания?

- двигатель Ванкеля
- двигатель Уатта
- двигатель Отто
- двигатель Дизеля

4. Задание {{ 47 }} ТЗ № 43

Последовательность работы цилиндров в четырёхцилиндровом ДВС

- 1: 1 цилиндр
- 2: 2 цилиндр
- 3: 4 цилиндр
- 4: 3 цилиндр

5. Задание {{ 48 }} ТЗ № 44

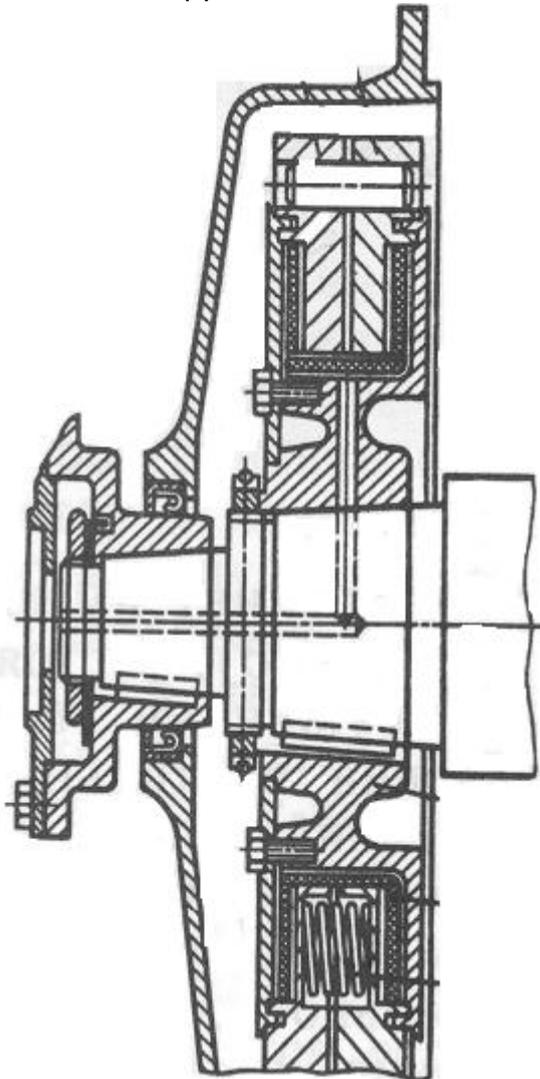
Отметьте правильный ответ

У поршня наибольший диаметр имеет...

- юбка
- средняя часть
- головка

6. Задание {{ 57 }} ТЗ № 53

Тип гасителя крутильных колебаний



- гаситель молекулярного трения
- гаситель фрикционного типа
- гаситель жидкостного трения
- маятниковый антивибратор

7. Задание {{ 96 }} ТЗ № 96

Установить соответствие между элементами
Поршень

Коленчатый вал

служит для восприятия давления газов и передача усилий на шатун, а также герметизации камеры сгорания и отвода от нее тепла
служит для преобразования возвратно-

Распределительный вал

Клапаны

поступательного движения в крутящий момент служит для своевременного открытия и закрытия клапанов, за счет чего производится приток свежего воздуха и выпуск отработавших газов непосредственно осуществляют подачу в цилиндры воздуха (топливно-воздушной смеси) и выпуск отработавших газов

8. Задание {{ 98 }} ТЗ № 98

Установить соответствие между элементами Коленчатый вал



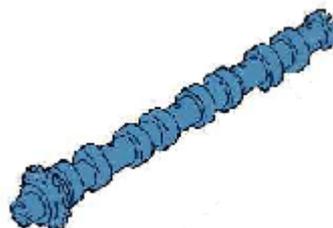
Поршень



Шатун



Распределительный вал



9. Задание {{ 99 }} ТЗ № 99

Установить соответствие между типами поршневых колец

Прямоугольное



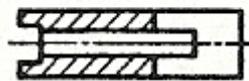
Трапецевидное



Скребокное

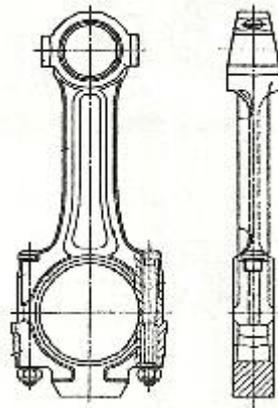


Коробчатого типа

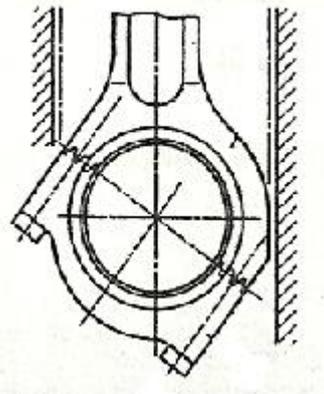


10. Задание {{ 100 }} ТЗ № 100

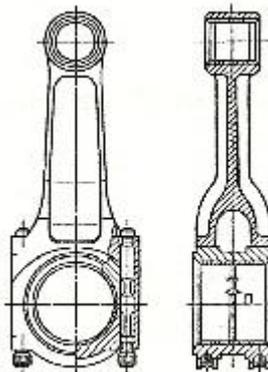
Установить соответствие между типами шатунов
Рядного типа



С косым разъемом нижней головки



Центрально-сочлененный V-образного двигателя



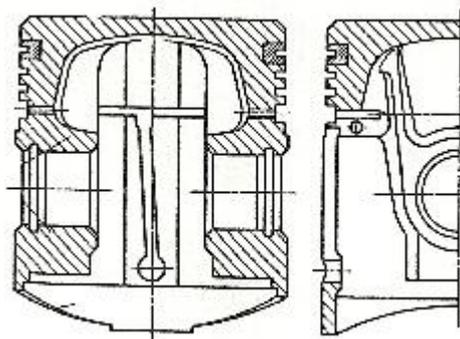
11. Задание {{ 101 }} ТЗ № 62

Последовательность работы цилиндров в шестицилиндровом ДВС

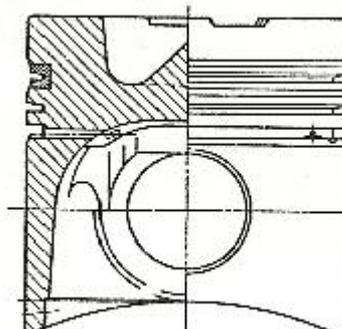
- 1: 1 цилиндр
- 3: 3 цилиндр
- 2: 5 цилиндр
- 5: 2 цилиндр
- 4: 6 цилиндр
- 6: 4 цилиндр

12. Задание {{ 104 }} ТЗ № 68

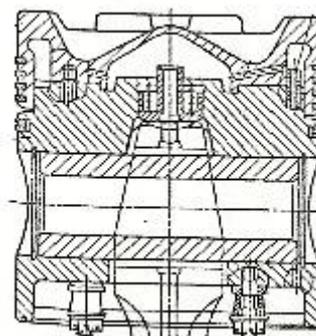
Установить соответствия между типами поршней
Автомобильного двигателя с принудительным
воспламенением



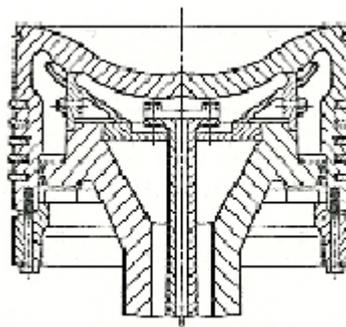
Автомобильного дизеля с полураздельной камерой



Четырехтактного тепловозного дизеля



Судового дизеля с клапанно-щелевой схемой газообмена



13. Задание {{ 15 }} ТЗ № 13

Отметьте правильный ответ

В формуле для определения температуры в рабочем объеме цилиндра в конце такта впуска знаком "вопрос" обозначено

$$T_a = \frac{(T_{вт} + \Delta T + ? \times T_r)}{(1 + ?)}$$

- α
- $\gamma_{ост}$
- η_i
- η_V
- p_r
- ε

14. Задание {{ 16 }} ТЗ № 15

Вставьте пропущенный термин

Отношение количества свежего заряда, заполнившего цилиндр в период впуска, к тому количеству свежего заряда, которое теоретически могло бы заполнить рабочий объем цилиндра называется коэффициентом...

Правильные варианты ответа: наполнения; Наполнения; НАПОЛНЕНИЯ;

15. Задание {{ 19 }} ТЗ № 12

Отметьте правильный ответ

Индикаторный КПД двигателя выражает соотношение

- L_i / Q_1
- L_i / V_h
- M_r / M_1
- G_1 / G_T
- V_1 / V_h
- $p_r \times V_c$

16. Задание {{ 20 }} ТЗ № 14

Отметьте правильный ответ

Соотношение, выражающее среднее индикаторное давление в двигателе

- L_i / Q_1
- L_i / V_h

- M_r / M_1
- G_1 / G_T
- V_1 / V_h
- $p_r \times V_c$

17. Задание {{ 33 }} ТЗ № 29

Отметьте правильный ответ

В формуле определения индикаторной мощности знаком "вопрос" обозначено

$$N_i = p_i \times ? \times n \times i / 30 \times \tau$$

- V_h
- ε
- η_i
- α
- H_u
- Q_1

18. Задание {{ 34 }} ТЗ № 30

Отметьте правильный ответ

Силы, на преодоление которых приходится наибольшие механические потери в двигателе

- Сила трения поршневых колец
- Сила инерции
- Сила сопротивления в выхлопном коллекторе
- Сила трения в опорах скольжения

19. Задание {{ 35 }} ТЗ № 31

Отметьте правильные ответы

Материалы, из которых изготавливают корпуса двигателей строительных и дорожных машин

- Чугун
- Цветные металлы
- Сталь
- Алюминиевые сплавы

20. Задание {{ 36 }} ТЗ № 32

Отметьте правильные ответы

Элементы двигателя, образующие камеру сгорания

- Поршень
- Шатун
- Головка блока
- Гильза цилиндра
- Маховик

21. Задание {{ 37 }} ТЗ № 33

Отметьте правильный ответ

Вкладыши коренных опор...

- являются взаимозаменяемыми
- не являются взаимозаменяемыми
- зависят от типа коренных опор

22. Задание {{ 38 }} ТЗ № 34

Отметьте правильные ответы

Число ремонтных размерных групп, устанавливаемых для сопряжения "коренной подшипник - опора коленчатого вала"

- 2 размерных группы
- 8 размерных групп
- 5 размерных групп
- 7 размерных групп
- 6 размерных групп
- 4 размерных группы

23. Задание {{ 41 }} ТЗ № 37

Отметьте правильный ответ

Период, в который происходит процесс свободного выпуска отработанных газов

- при движении поршня от в.м.т. к н.м.т
- при движении поршня от н.м.т. к в.м.т
- на всем протяжении диаграммы

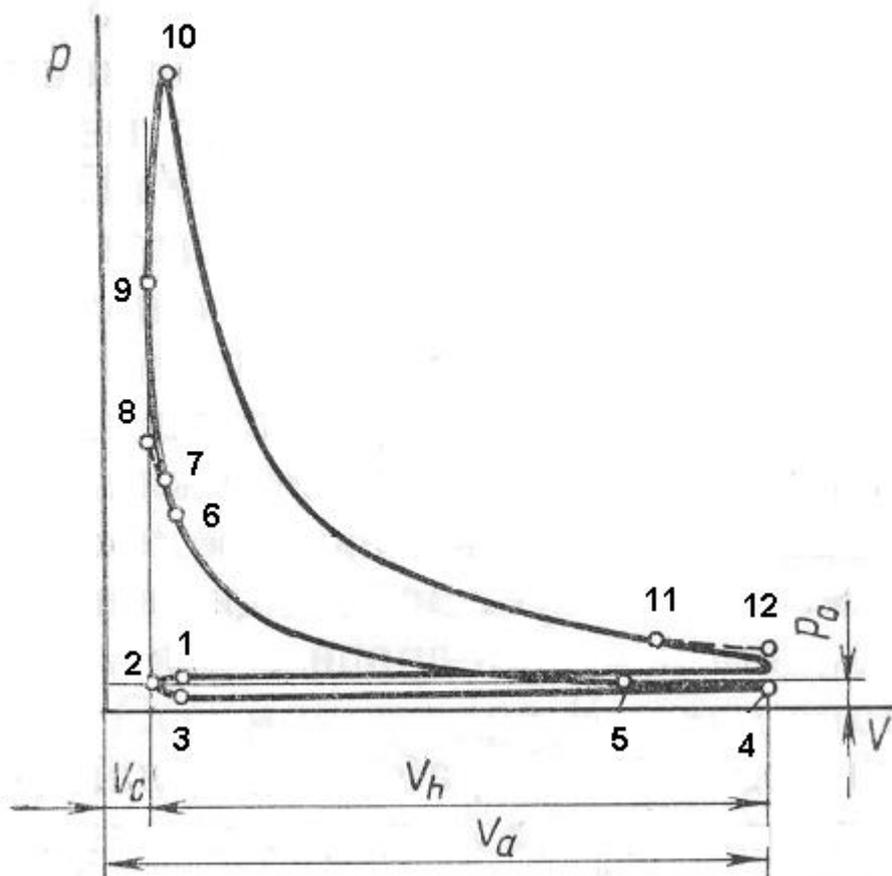
24. Задание {{ 46 }} ТЗ № 42

Соответствие многоцилиндровых четырёхтактных ДВС углам чередования рабочих ходов

4-ёх цилиндровый ДВС	через 180 градусов
6-ти цилиндровый	через 120 градусов
8-ми цилиндровый	через 90 градусов
12-ти цилиндровый	через 60 градусов

25. Задание {{ 5 }} ТЗ № 5

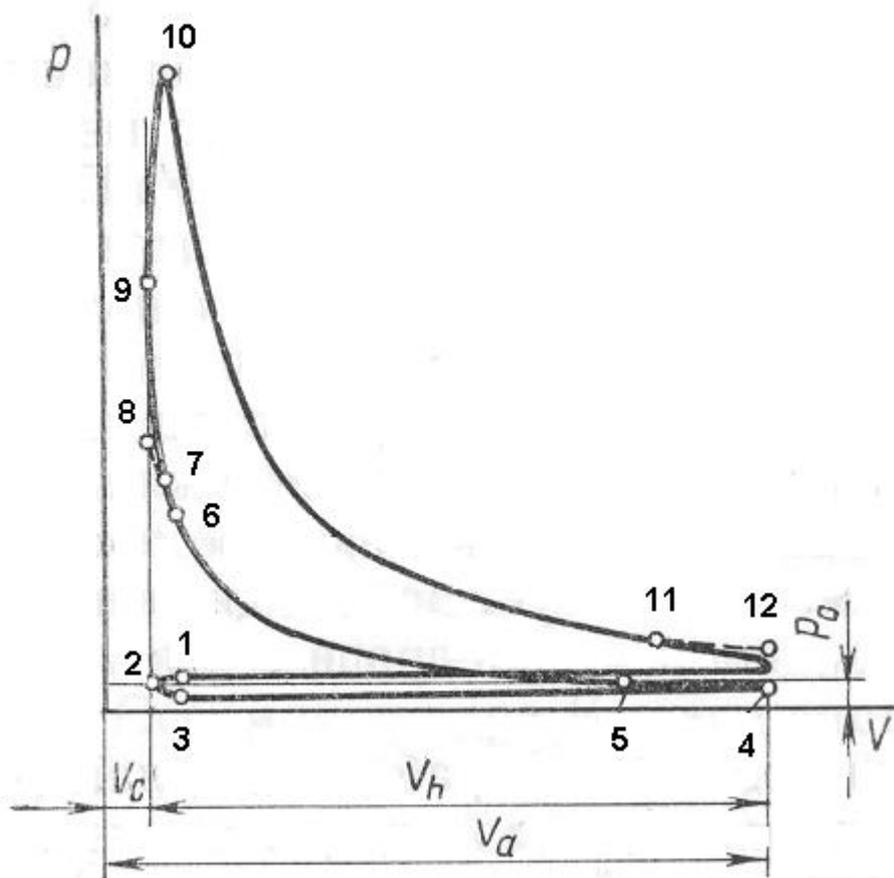
Точка, соответствующая началу открытия впускного клапана на индикаторной диаграмме



- 1
- 5
- 4
- 6
- 12

26. Задание {{ 11 }} ТЗ № 10

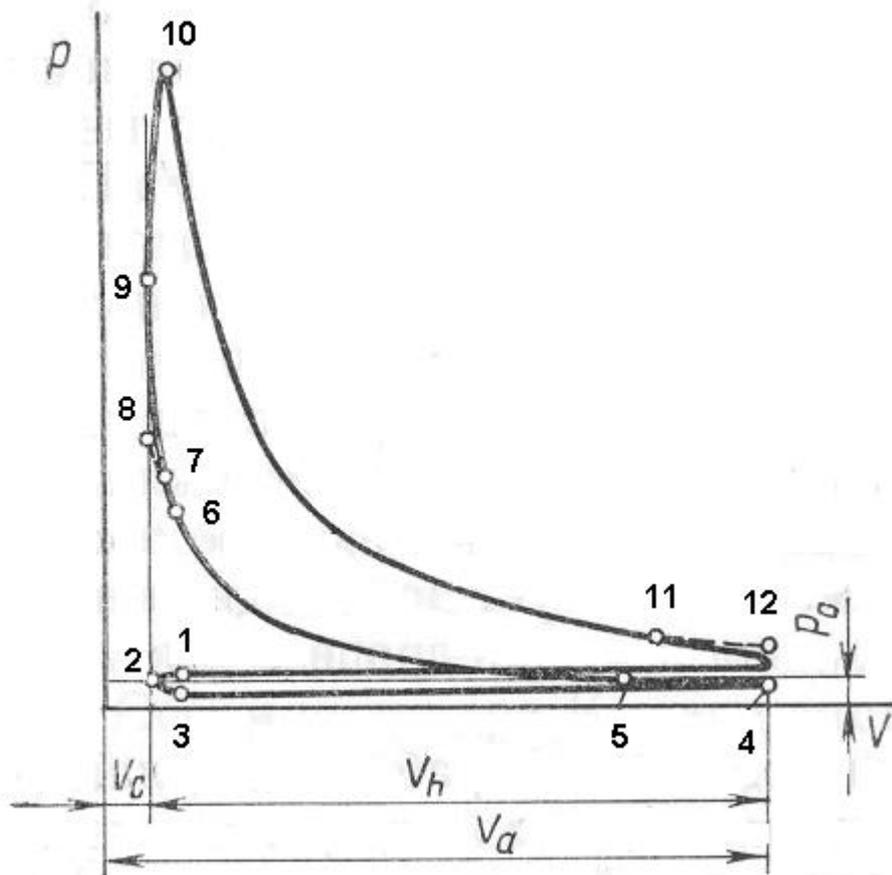
Точка, соответствующая началу открытия выпускного клапана на индикаторной диаграмме дизельного двигателя



- 1
- 3
- 5
- 7
- 12
- 11

27. Задание {{ 12 }} ТЗ № 11

Точки, соответствующие периоду перекрытия клапанов на индикаторной диаграмме



- 6-8
- 11-12
- 4-5
- 1-3

28. Задание {{ 49 }} ТЗ № 45

Последовательность расположения элементов механизма газораспределения в ДВС при нижнем расположении распределительного вала (считая его первым элементом)

- 1: распределительный вал
- 2: толкатель
- 3: штанга
- 4: коромысло
- 5: пружина
- 6: клапан

29. Задание {{ 88 }} ТЗ № 88

Отметьте правильный ответ

Моменты открытия и закрытия клапанов, выраженные в углах поворота коленчатого вала относительно мертвых точек - это ...

- характеристика ГРМ
- фазы газораспределения
- клапанная характеристика

- клапанно-вращающаяся характеристика двигателя

30. Задание {{ 89 }} ТЗ № 89

Отметьте правильный ответ

Суммарная сила P , которая приложена к поршневому пальцу состоит из ...

- силы давления газов и силы инерции возвратно-поступательных масс КШМ
- силы давления газов и силы инерции вращающихся масс КШМ
- силы инерции вращающихся масс КШМ и силы инерции возвратно-поступательных масс КШМ
- силы давления газов и силы трения в КШМ

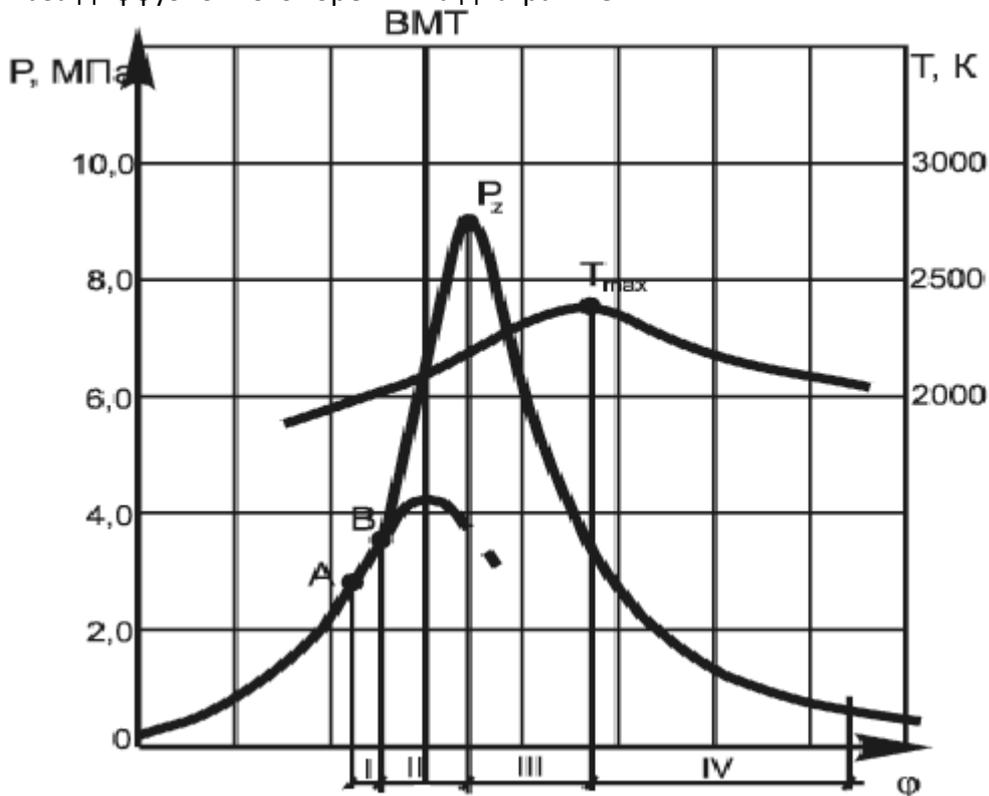
31. Задание {{ 28 }} ТЗ № 24

Соответствие порядка фаз горения топлива их названиям

- | | |
|------------------------|-------------------------------|
| 1 фаза горения топлива | Период задержки воспламенения |
| 2 фаза горения топлива | Фаза быстрого горения |
| 3 фаза горения топлива | Фаза диффузионного горения |
| 4 фаза горения топлива | Догорание |

32. Задание {{ 29 }} ТЗ № 25

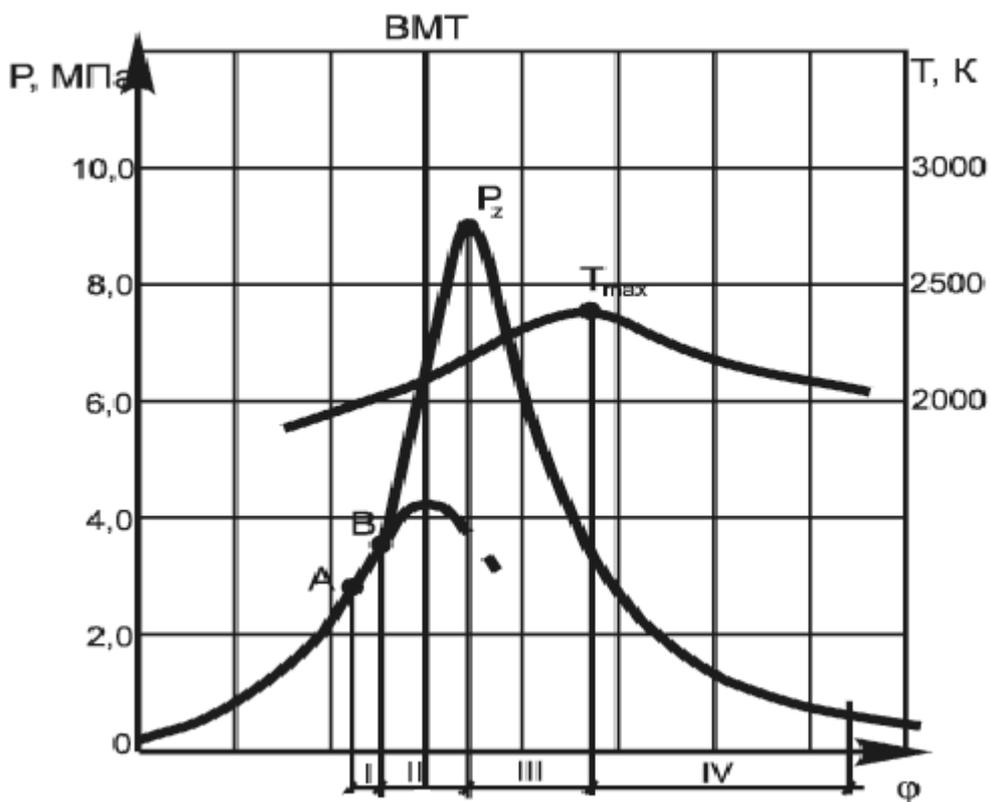
Фаза диффузионного горения на диаграмме



- I
- II
- III
- IV

33. Задание {{ 30 }} ТЗ № 26

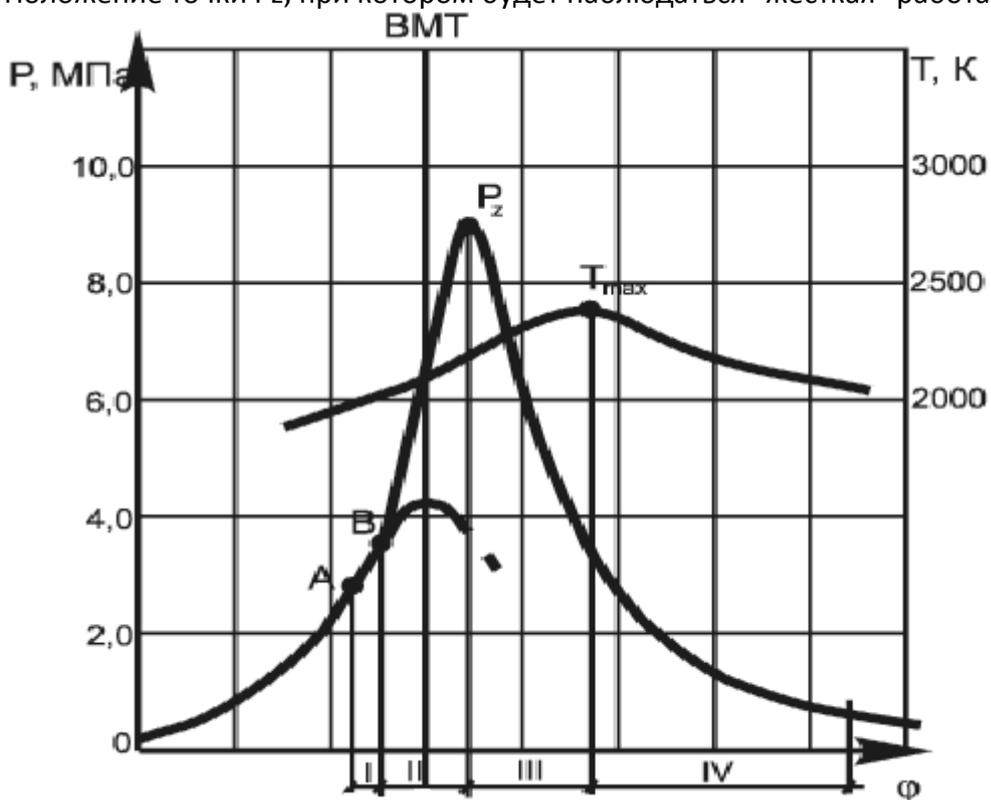
Фаза быстрого горения на диаграмме



- I
- II
- III
- IV

34. Задание {{ 32 }} ТЗ № 28

Положение точки Pz, при котором будет наблюдаться "жёсткая" работа дизеля



- До BMT

- После ВМТ
- На линии ВМТ

35. Задание {{ 39 }} ТЗ № 35

Отметьте правильные ответы

Вещества, принимающие основное участие в реакции сгорания топлива

- марганец
- углерод
- сера
- кислород
- водород
- азот

36. Задание {{ 40 }} ТЗ № 36

Дополните

В ДВС отношение объема в конце подвода теплоты к объему в конце сжатия называется...

- степенью термодинамического преобразования
- рабочим объемом
- степенью повышения давления
- степенью предварительного расширения
- коэффициентом относительного увеличения объемов

37. Задание {{ 42 }} ТЗ № 38

Отметьте правильный ответ

Угловые фазы газораспределения для двигателей с высокой частотой вращения по сравнению с низкооборотистыми двигателями характеризуются тем, что...

- имеют большие углы
- углы приблизительно одинаковы;
- имеют меньшие углы;

38. Задание {{ 63 }} ТЗ № 59

Отметьте правильный ответ

В полость клапанов добавляют соль натрия или металлический натрий для...

- нейтрализации отработанных газов
- уменьшения массы клапана
- улучшения теплоотдачи
- снижения инерционности клапана

39. Задание {{ 77 }} ТЗ № 77

Отметьте правильный ответ

Давление остаточных газов в цилиндре двигателя ...

- значительно увеличивается при уменьшении оборотов двигателя
- значительно уменьшается при уменьшении оборотов двигателя
- не зависит от оборотов двигателя
- увеличивается или уменьшается при уменьшении оборотов двигателя в зависимости от климатических условий

40. Задание {{ 78 }} ТЗ № 78

Отметьте правильный ответ

Какой параметр характеризует коэффициент остаточных газов?

- качество очистки цилиндров от продуктов сгорания
- качество работы системы вентиляции картера
- уровень токсичных компонентов в отработавших газах
- качество наполнения цилиндра двигателя свежим зарядом

41. Задание {{ 1 }} ТЗ № 1

Вставьте пропущенный термин

Комплекс периодически повторяющихся процессов, осуществляемых с целью превращения термохимической энергии топлива в механическую работу, называется... циклом ДВС.

Правильные варианты ответа: Действительным; действительным; **ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫМ**;

42. Задание {{ 2 }} ТЗ № 2

Последовательность протекания основных процессов в четырёхтактном дизельном двигателе

- 1: Процесс впуска воздуха
- 2: Процесс сжатия заряда
- 3: Процесс сгорания
- 4: Процесс расширения
- 5: Процесс выпуска

43. Задание {{ 3 }} ТЗ № 3

Отметьте правильный ответ

Период, в течение которого в камере сгорания дизельного двигателя происходит развитие топливных струй, прогрев, испарение и перемешивание топлива с воздухом называется ...

- Углом опережения впрыска
- Периодом задержки воспламенения
- Периодом (углом) перекрытия клапанов
- Процессом газообмена

44. Задание {{ 4 }} ТЗ № 4

Вставьте пропущенный термин

Объём цилиндра V_p , соответствующий части хода поршня, на котором происходит газообмен, называют ... объёмом

Правильные варианты ответа: Потерянным; **ПОТЕРЯННЫМ**; потерянным;

45. Задание {{ 7 }} ТЗ № 6

Отметьте правильный ответ

Численное значение низшей теплоты сгорания для бензинового топлива

- 44000 кДж/кг
- 42500 кДж/кг
- 49500 кДж/кг
- 55500 кДж/кг
- 37500 кДж/кг

46. Задание {{ 8 }} ТЗ № 7

Отметьте правильный ответ

Численное значение низшей теплоты сгорания для дизельного топлива

- 42500 кДж/кг
- 33500 кДж/кг
- 45000 кДж/кг
- 39500 кДж/кг
- 51500 кДж/кг

47. Задание {{ 9 }} ТЗ № 8

Отметьте правильный ответ

Отношение количества воздуха, участвующего в процессе сгорания, к теоретически необходимому для полного сгорания топлива называется...

- Коэффициентом избытка воздуха
- Коэффициентом остаточных газов
- Коэффициентом наполнения

48. Задание {{ 61 }} ТЗ № 57

Отметьте правильный ответ

Процесс поглощения выделившейся в процессе сгорания теплоты образовавшимися продуктами

- рекомбинация

- диссоциация
- конвекция
- дегазация
- диссипация

49. Задание {{ 81 }} ТЗ № 81

Отметьте правильный ответ

В тепловом расчете двигателя для упрощения расчетов кривая процесса расширения принимается за ...

- политропы
- адиабаты
- изотерму
- изобары

50. Задание {{ 82 }} ТЗ № 82

Отметьте правильный ответ

Степень повышения давления в дизельных двигателях ...

- такая же, как в газовых двигателях
- такая же, как в бензиновых двигателях
- меньше, чем в бензиновых и газовых
- более чем в бензиновых и газовых

51. Задание {{ 84 }} ТЗ № 84

Отметьте правильный ответ

Литровая (удельная) мощность двигателя - это ...

- отношение эффективной мощности двигателя к рабочему объему двигателя
- отношение индикаторной мощности двигателя к рабочему объему двигателя
- отношение эффективной мощности двигателя к полному объему двигателя
- отношение индикаторной мощности двигателя к полному объему двигателя

52. Задание {{ 85 }} ТЗ № 85

Отметьте правильный ответ

Зависимость основных параметров двигателя от частоты вращения коленчатого вала при полной подачи топлива называется ...

- частичная скоростная характеристика
- внешняя скоростная характеристика
- регулировочная характеристика
- скоростная характеристика

53. Задание {{ 86 }} ТЗ № 86

Отметьте правильный ответ

Распределение общей теплоты, введенной в двигатель с топливом на теплоту, эквивалентную эффективной работе, теплоту, которая передается охлаждающей жидкости и отработанным газам определяется в ...

- тепловом расчете двигателя
- динамическом расчете двигателя
- тяговом расчете двигателя
- тепловом балансе двигателя

54. Задание {{ 87 }} ТЗ № 87

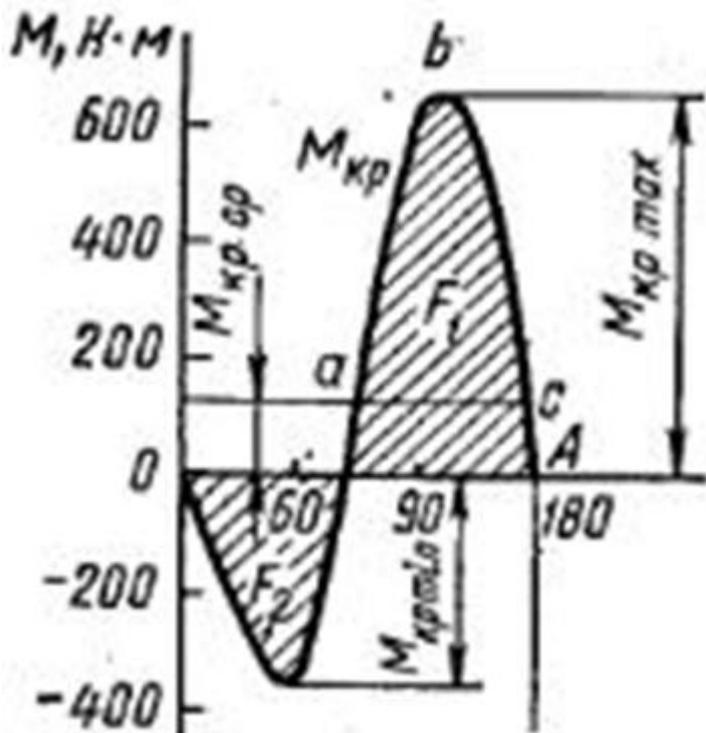
Отметьте правильный ответ

Каково соотношение между индикаторным и эффективным КПД двигателя?

- эффективный КПД больше чем индикаторный
- эффективный КПД равен индикаторному КПД
- эффективный КПД меньше чем индикаторный
- эффективный КПД больше или равен индикаторному КПД

55. Задание {{ 90 }} ТЗ № 90

На рисунке показан график суммарного крутящего момента для ...



- 8-цилиндрового двигателя
- 4-цилиндрового двигателя
- 12-цилиндрового двигателя
- 6-цилиндрового V-образного двигателя

56. Задание {{ 91 }} ТЗ № 91

Вставьте пропущенный термин

Отношение количества теплоты, эквивалентное полезной работе на валу двигателя, к общему количеству теплоты, внесенной в цилиндры двигателя с топливом - это ... КПД

Правильные варианты ответа: Эффективный; эффективный; ЭФФЕКТИВНЫЙ;

57. Задание {{ 92 }} ТЗ № 92

Вставьте пропущенный термин

Эффективный КПД двигателя учитывает тепловые и ... потери

Правильные варианты ответа: Механические; механические; МЕХАНИЧЕСКИЕ;

58. Задание {{ 94 }} ТЗ № 94

Вставьте пропущенный термин

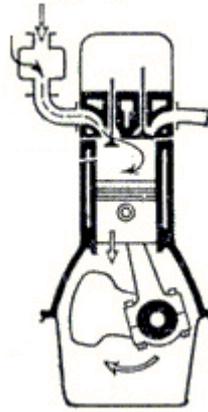
Мощность развиваемая газами в цилиндре двигателя называется ... мощностью

Правильные варианты ответа: Индикаторной; индикаторной; ИНДИКАТОРНОЙ;

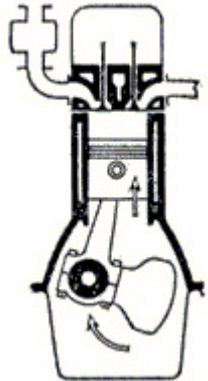
59. Задание {{ 97 }} ТЗ № 97

Установить соответствие между тактами ДВС

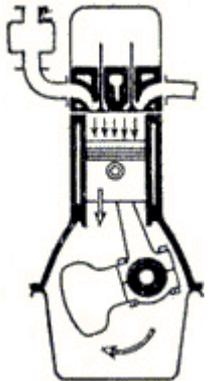
I такт (Впуск)



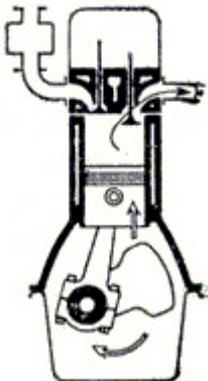
II такт (Сжатие)



III такт (Рабочий ход)



IV такт (Выпуск)



60. Задание {{ 72 }} ТЗ № 72

Отметьте правильный ответ

Наибольший КПД среди теоретических циклов ДВС имеет ...

- цикл Карно
- цикл Тринклера
- цикл Ванкеля

цикл Отто

61. Задание {{ 73 }} ТЗ № 73

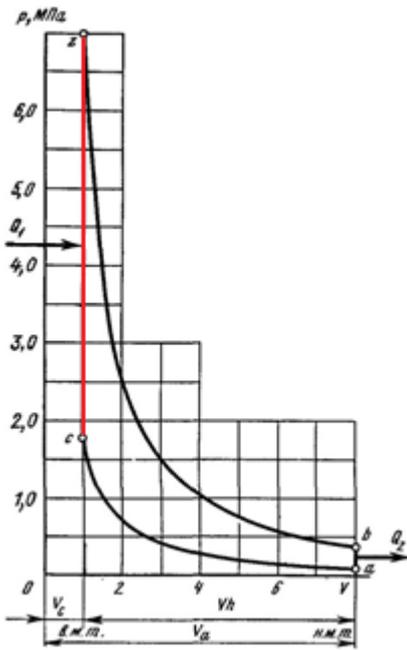
Отметьте правильный ответ

Элементарный состав жидкого топлива выражается в массовых долях следующих компонентов, входящих в 1 кг топлива ...

- C, H, CO_2
- C_n, H_m, O_r, N_2
- C, H, N_2
- C, H, O

62. Задание {{ 74 }} ТЗ № 74

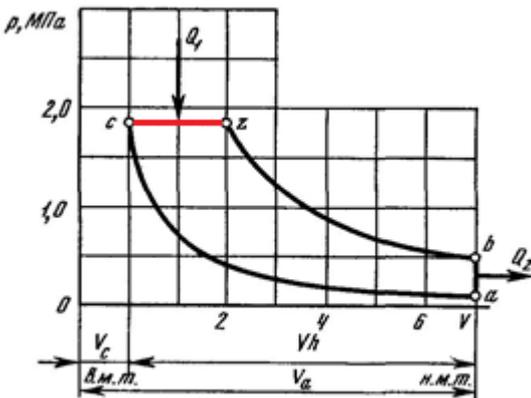
На рисунке показан теоретический цикл ДВС ...



- с подводом теплоты при постоянном объеме
- с подводом теплоты при постоянном давлении
- со смешанным подводом теплоты
- с подводом теплоты при постоянной температуре

63. Задание {{ 75 }} ТЗ № 75

На рисунке показан теоретический цикл ДВС ...



- с подводом теплоты при постоянном объеме
- с подводом теплоты при постоянном давлении
- со смешанным подводом теплоты
- с подводом теплоты при постоянной температуре

64. Задание {{ 76 }} ТЗ № 76

Отметьте правильный ответ

Октановое число бензина избирается для двигателя в зависимости от его ...

- степени сжатия
- литража
- максимальной температуры в цилиндре
- массы

65. Задание {{ 80 }} ТЗ № 80

Отметьте правильный ответ

Какой параметр не используется при тепловом расчете бензинового двигателя?

- коэффициент остаточных газов
- степень повышения давления
- степень сжатия
- степень предварительного расширения

66. Задание {{ 51 }} ТЗ № 47

Отметьте правильный ответ

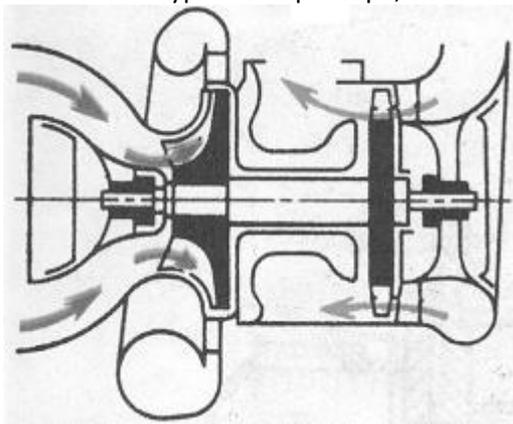
Элемент, служащий для максимального использования кинетической энергии (превращения её в потенциальную энергию - давление) в центробежных компрессорах

- корректор;
- разделитель потока;
- гаситель;
- диффузор;
- охладитель;

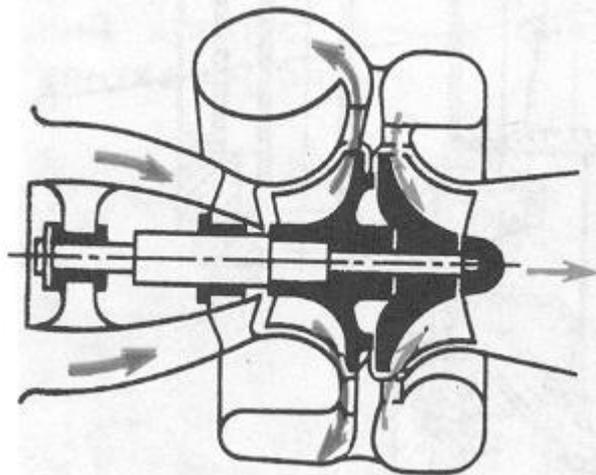
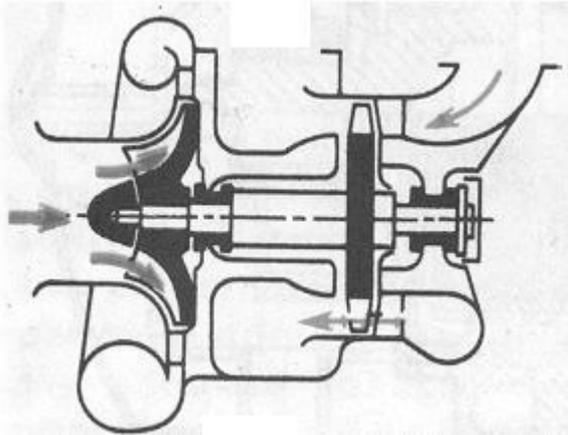
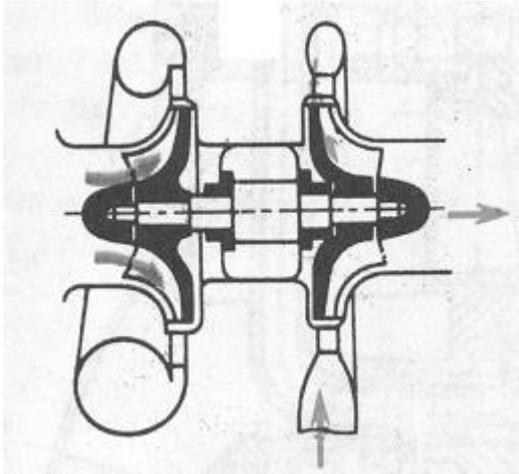
67. Задание {{ 59 }} ТЗ № 55

Отметьте правильный ответ

Конструктивная схема турбокомпрессора, обеспечивающая минимальных нагрев подшипников качения



-



68. Задание {{ 83 }} ТЗ № 83

Отметьте правильный ответ

Как влияет величина угла опережения зажигания на детонационную работу двигателя?

- с увеличением угла опережения зажигания детонация возрастает
- с увеличением угла опережения зажигания детонация уменьшается
- с увеличением угла опережения зажигания детонация может как расти, так и уменьшаться в зависимости от типа двигателя
- угол опережения зажигания на детонацию не влияет

69. Задание {{ 93 }} ТЗ № 93

Вставьте пропущенный термин

Явление зажигания смеси в цилиндре до момента подачи искрового разряда под влиянием сильно нагретых элементов камеры сгорания (электроды свечи зажигания, острые кромки клапанов и т.д.) называется ... заживание

Правильные варианты ответа: Калильное; калильное; Калильным; калильным; КАЛИЛЬНОЕ; КАЛИЛЬНЫМ;

70. Задание {{ 17 }} ТЗ № 16

Вставьте пропущенный термин

В бензиновых двигателях процесс сгорания топлива с образованием ударных волн называется...

Правильные варианты ответа: Детонацией; детонацией; ДЕТОНАЦИЕЙ; ДЕТОНАЦИЯ; Детонация; детонация;

71. Задание {{ 50 }} ТЗ № 46

Вставьте пропущенный термин

Система охлаждения, в которой циркуляция жидкости осуществляется за счёт разности плотности холодной и горячей воды называется...

Правильные варианты ответа: термосифонная; Термосифонная; термосифонной; Термосифонной; ТЕРМОСИФОННАЯ; ТЕРМОСИФОННОЙ;

72. Задание {{ 58 }} ТЗ № 54

Отметьте правильный ответ

Материал, чаще всего применяемый для изготовления антикоррозионных протекторов системы охлаждения

- медь
- марганец
- цинк
- хром
- органическая резина
- никель

73. Задание {{ 95 }} ТЗ № 95

Установить соответствие между элементами

Радиатор

предназначен для охлаждения нагретой охлаждающей жидкости потоком воздуха

Центробежный насос

служит для циркуляция охлаждающей жидкости в системе

Масляный радиатор

служит для охлаждения масла в системе смазки

Вентилятор

служит для повышения интенсивности охлаждения жидкости

74. Задание {{ 106 }} ТЗ № 66

Последовательность циркуляции охлаждающей жидкости по малому кругу, начиная от насоса

- 4: Расширительный бачок
- 1: Головка блока цилиндров
- 3: Масляный радиатор
- 2: Теплообменник отопителя

75. Задание {{ 107 }} ТЗ № 67

Последовательность циркуляции охлаждающей жидкости по большому кругу, начиная от насоса

- 1: Головка блока цилиндров
- 2: Теплообменник отопителя
- 3: Масляный радиатор
- 4: Термостат
- 5: Радиатор
- 6: Расширительный бачок

76. Задание {{ 43 }} ТЗ № 39

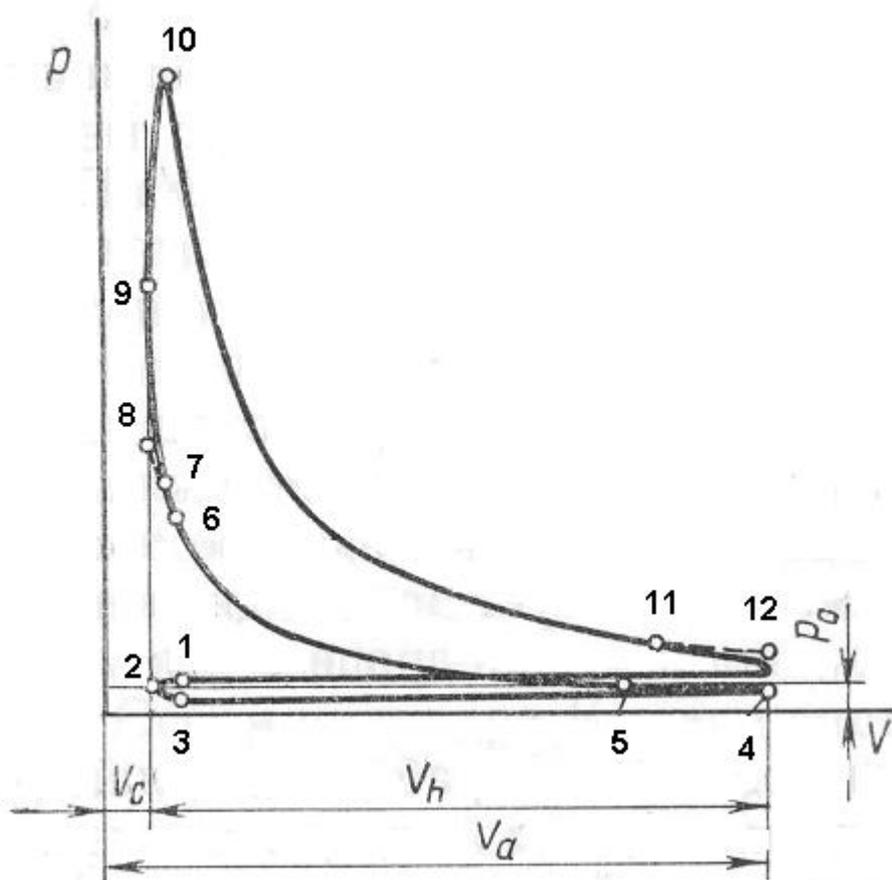
Отметьте правильный ответ

Значение удельного теплового потока, передаваемого от рабочего тела (газа) к поверхности детали называется...

- плотностью теплового потока
- тепловой нагрузкой
- эффективной теплоотдачей
- конвекторным излучением

77. Задание {{ 10 }} ТЗ № 9

Точка, соответствующая началу впрыска топлива на индикаторной диаграмме дизельного двигателя



- 3
- 5
- 6
- 9
- 11
- 7

78. Задание {{ 52 }} ТЗ № 48

Отметьте правильные ответы

Типы форсунок (по конструкции распылителя), применяемые в современных ДВС

- игольчатые
- штифтовые
- клапанные

- золотниковые
- фасонные

79. Задание {{ 54 }} ТЗ № 50

Отметьте правильный ответ

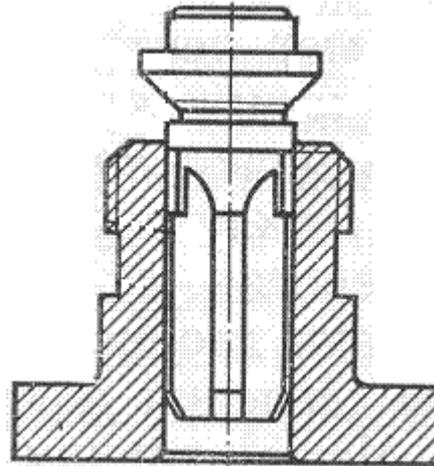
Угол опережения впрыска зависит...

- от частоты вращения коленчатого вала;
- от качественного состава топлива;
- от цикловой подачи ТНВД;
- от степени сжатия в камере сгорания;

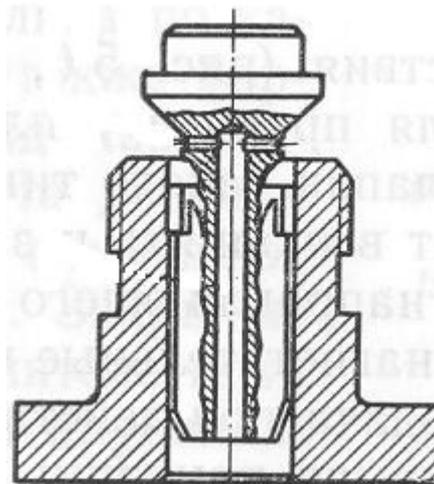
80. Задание {{ 55 }} ТЗ № 51

Составьте пары

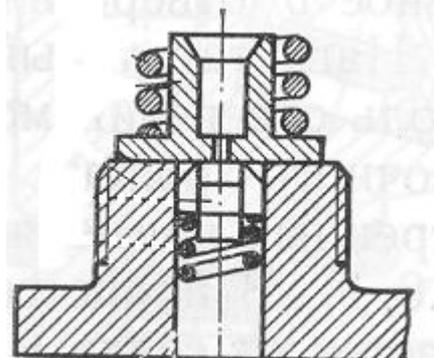
клапан ТНВД объёмного действия



клапан ТНВД корректирующего действия



клапан ТНВД двойного действия



81. Задание {{ 60 }} ТЗ № 56

Отметьте правильный ответ

Тип системы питания дизельного ДВС, для которого наиболее характерен волнообразный характер подачи топлива

- с ТНВД
- с насос-форсунками
- с аккумуляторными системами питания
- с форсунками с электромагнитным управлением

82. Задание {{ 102 }} ТЗ № 63

Последовательность прохождения топлива по топливной системе дизельного ДВС

- 5: Топливный насос высокого давления
- 4: Фильтр тонкой очистки
- 6: Форсунка
- 2: Фильтр грубой очистки
- 3: Подкачивающий насос
- 1: Топливный бак

83. Задание {{ 103 }} ТЗ № 64

Последовательность прохождения топлива по топливной системе карбюраторных ДВС

- 5: Впускной трубопровод
- 2: Фильтр
- 4: Карбюратор
- 3: Топливный насос
- 1: Топливный бак

84. Задание {{ 105 }} ТЗ № 65

Последовательность изменения давления в форсунке

- 4: Второй этап впрыска
- 3: Перепад давления вызванный перемещением иглы форсунки
- 1: Нарастание давления в топливной полости
- 2: Первый этап впрыска
- 5: Остаточный впрыск при отражении обратной волны

85. Задание {{ 18 }} ТЗ № 17

Вставьте пропущенный термин

Давление в камере сгорания в конце процесса сжатия пропорционально...

- Давлению в начале процесса сжатия
- Степени сжатия
- Показателю политропы
- Коэффициенту наполнения
- Коэффициенту избытка воздуха
- Коэффициенту остаточных газов

86. Задание {{ 22 }} ТЗ № 18

Отметьте правильный ответ

Зависимость объемной или массовой скорости подачи топлива из распылителя форсунки от времени или угла поворота распределительного вала ТНВД называется...

- Дифференциальной характеристикой впрыска
- Интегральной характеристикой впрыска
- Цикловой подачей ТНВД
- Объемно-скоростной характеристикой впрыска

87. Задание {{ 23 }} ТЗ № 19

Вставьте пропущенный термин

... характеристика впрыскивания определяет количество топлива, поступившее из распылителя форсунки с начала подачи до любого момента подачи топлива.

Правильные варианты ответа: Интегральная; интегральная; ИНТЕГРАЛЬНАЯ;

88. Задание {{ 26 }} ТЗ № 22

Отметьте правильный ответ

Способ смесеобразования для дизельного двигателя, при осуществлении которого характерна наиболее "мягкая" работа

- Объемное
- Пристеночное
- Комбинированное

89. Задание {{ 27 }} ТЗ № 23

Отметьте правильный ответ

Число основных фаз процесса горения в дизельном двигателе равно...

- 3
- 5
- 2
- 4

90. Задание {{ 66 }} ТЗ № 20

Отметьте правильный ответ

Тип смесеобразования для однополостной камеры сгорания, имеющей малую глубину и большой диаметр (отношение диаметра камеры сгорания к диаметру цилиндра $d_{кс}/D = 0,75 - 0,85$)

- Объемный
- Пристеночный
- Комбинированный

91. Задание {{ 67 }} ТЗ № 21

Отметьте правильный ответ

Численное отношение диаметра камеры сгорания к диаметру цилиндра, при котором происходит комбинация пристеночного и объёмного смесеобразования в двигателе, равно...

- 0,2 - 0,4
- 0,8 - 0,9
- 0,7 - 0,85
- 0,5 - 0,6

92. Задание {{ 31 }} ТЗ № 27

Отметьте правильный ответ

Число фаз горения для бензиновых ДВС равно...

- 1
- 3
- 4
- 2
- 6

93. Задание {{ 44 }} ТЗ № 40

Отметьте правильный ответ

Метод дозирования топлива, получивший наибольшее распространение в топливных насосах высокого давления

- отсечкой;
- дросселированием на впуске топлива;
- дросселированием на выпуске топлива;
- редукционным клапаном;

94. Задание {{ 45 }} ТЗ № 41

Отметьте правильный ответ

Тип муфты регулирования угла опережения впрыска, получивший наибольшее распространение в многосекционных ТНВД

- инерционная;
- фрикционная;
- кулачковая;
- зубчатая;
- пружинная (упругая);

95. Задание {{ 79 }} ТЗ № 79

Отметьте правильный ответ

Увеличение температуры подогрева свежего заряда, поступающего в цилиндры ...

- негативно влияет на наполнение цилиндра двигателя
- положительно влияет на наполнение цилиндра двигателя
- абсолютно не влияет на наполнение цилиндра двигателя
- существенно не влияет на наполнение цилиндра двигателя

96. Задание {{ 53 }} ТЗ № 49

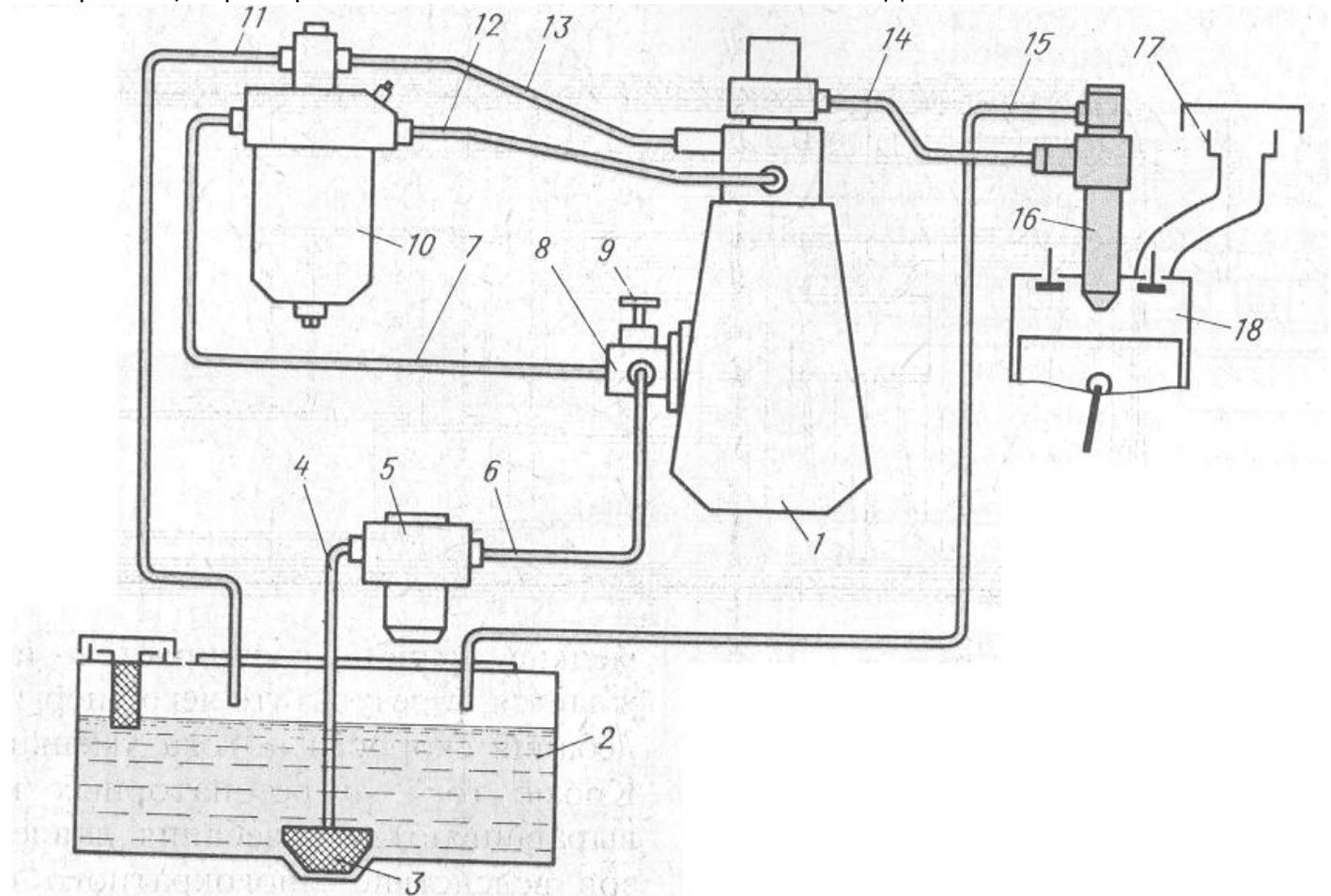
Отметьте правильный ответ

Место расположения редукционного клапана в системе смазки ДВС

- на выходе из системы;
- перед фильтром тонкой очистки;
- в нагнетательной магистрали перед насосом;
- перед фильтром грубой очистки;

97. Задание {{ 56 }} ТЗ № 52

Номер позиции фильтра тонкой очистки на схеме системы питания ДВС



- 1
- 3
- 5
- 10

- 8
- 17

98. Задание {{ 62 }} ТЗ № 58

Отметьте правильный ответ

Типы насосов, получившие наибольшее распространение в системах смазки

- коловратные
- центробежные
- шестеренные
- аксиально-плунжерные

99. Задание {{ 64 }} ТЗ № 60

Отметьте правильный ответ

Основное достоинство системы смазки с сухим картером

- уменьшения токсичности отработанных газов
- упрощение конструкции системы смазки
- увеличение срока службы масла
- повышение срока службы подшипников

100. Задание {{ 108 }} ТЗ № 61

Последовательность прохождения масла магистрали, начиная от насоса

3: Верхняя опора шатуна для смазки поршневого пальца

1: Масляный фильтр

4: Опоры распределительного вала

2: Коренные и шатунные шейки коленчатого вала

ПРИМЕР ВЫПОЛНЕНИЯ КОНТРОЛЬНОЙ РАБОТЫ

Раздел «Основные понятия о двигателях внутреннего сгорания»

Вопрос 17. Способы смесеобразования и их влияние на работу двигателя

Для быстрого и полного сгорания топлива необходимо его испарение и смешение в определенных пропорциях с воздухом. В дизелях для этой цели применяется внутреннее смесеобразование, при котором топливо впрыскивается в цилиндр в конце такта сжатия и внутри цилиндра происходят все процессы, обеспечивающие образование топливоздушной смеси. В карбюраторных двигателях смесеобразование преимущественно внешнее. Оно начинается в карбюраторе и продолжается во впускной системе и цилиндре двигателя. Существуют также двигатели с комбинированным смесеобразованием, например газодизели, в которых основная часть топлива, обычно газ, подается через впускную систему, а небольшая порция жидкого топлива впрыскивается в цилиндр и обеспечивает воспламенение. Закономерности внутреннего и внешнего смесеобразования существенно различны. Поэтому они рассматриваются отдельно.

Процессы смесеобразования в дизеле

Процессы смесеобразования включают в себя распыливание топлива и развитие топливного факела, прогрев, испарение, перегрев топливных паров и смешение их с воздухом.

Смесеобразование начинается практически в момент начала впрыскивания топлива и заканчивается одновременно с концом его горения. Развитие и совершенство смесеобразования определяются характеристиками впрыскивания и распыливания, скоростями движения заряда в камере сгорания, свойствами топлива и заряда, формой, размерами и температурами поверхностей камеры сгорания, взаимным расположением распылителя и камеры сгорания, а также взаимным направлением движения топливных

струй и заряда. Степень влияния отдельных факторов зависит от типа камеры сгорания.

подавляющее большинство камер сгорания имеет форму тел вращения. Если топливо распыливается в объеме камеры сгорания и лишь небольшая часть его попадает в пристеночный слой, то смесеобразование называют объемным.

Объемное смесеобразование осуществляется в однополостных (неразделенных) камерах сгорания, имеющих малую глубину и большой диаметр, характеризуемый безразмерной величиной — отношением диаметра камеры сгорания к диаметру цилиндра, равной 0,75 – 0,85. Такая камера сгорания располагается обычно в поршне, причем оси форсунки, камеры сгорания и цилиндра совпадают (рис. 61, е). При объемном смесеобразовании прогрев и испарение топлива происходят в основном за счет теплосодержания части заряда, охваченной струями топлива. Так как скорость испарения зависит от упругости паров топлива, а последняя помимо свойств топлива определяется температурным режимом испарения, то большое значение имеет распределение топлива в объеме сжатого заряда. Последнее оказывает влияние также на условия воспламенения и горения топлива.

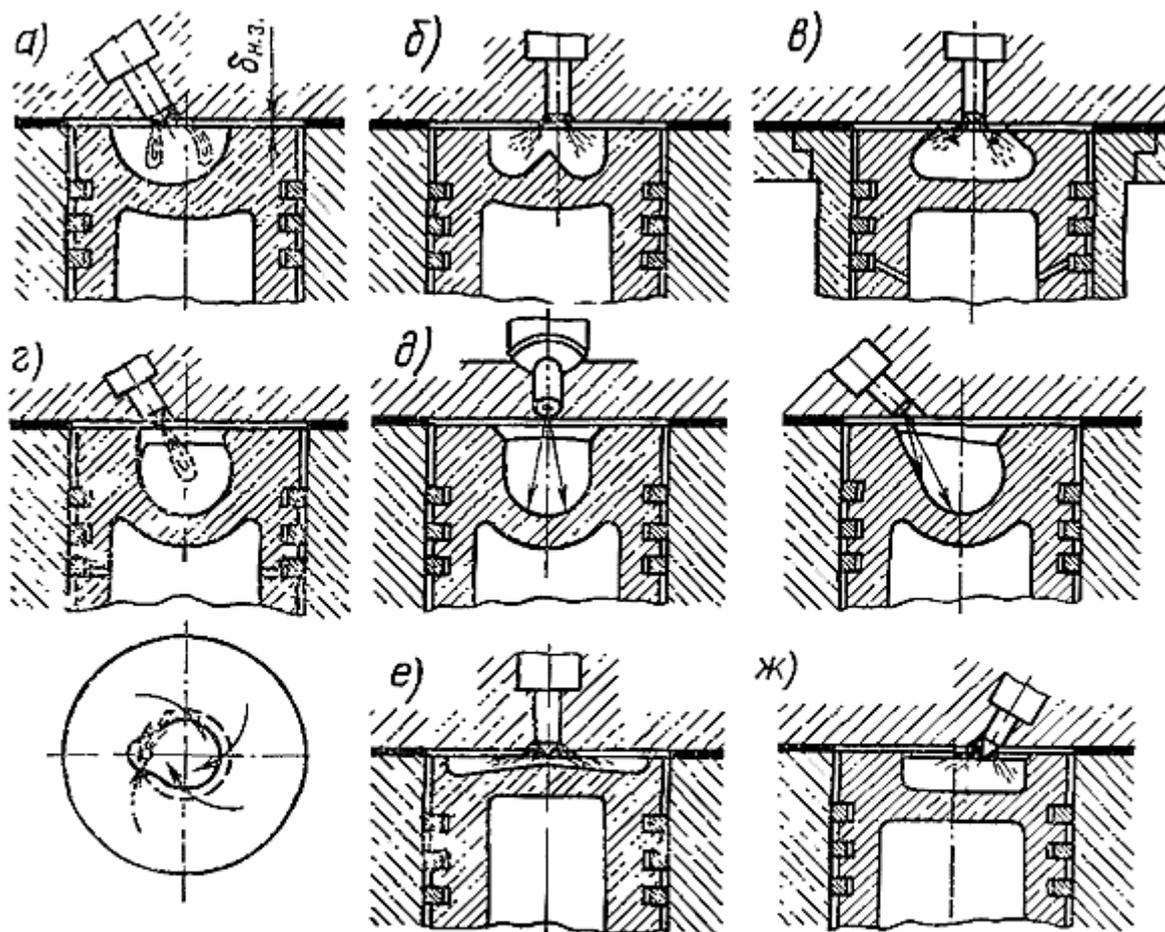
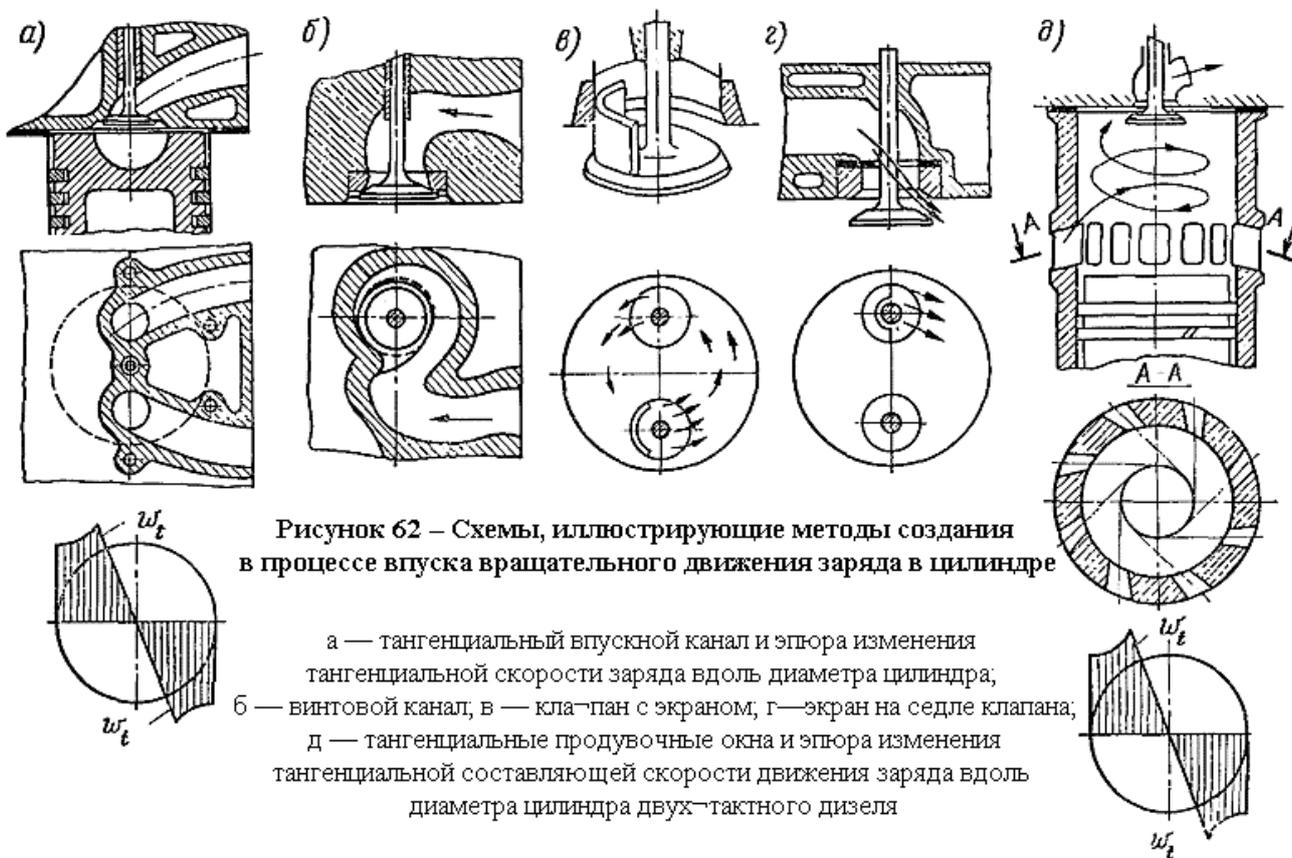


Рисунок 61 – Камеры сгорания в поршне

а — полусферическая типа дизелей ВТЗ; б — типа четырехтактных дизелей ЯМЗ и АМЗ; в — типа ЦНИДИ; г — типа дизелей МАН; д — типа «Дойтц»; е — типа «Гессельмай»; ж — типа дизелей «Даймлер—Бенц»; $\delta_{н.з.}$ — надпоршневой зазор

Угол конуса топливных струй обычно не превышает 20°. Для обеспечения полного охвата струями всего объема камеры сгорания и использования воздуха число сопловых отверстий должно быть равным $360/20 = 18$.

Величина проходного сечения сопловых отверстий определяется типом и размерами дизеля, существенно влияет на продолжительность и давление впрыскивания и ограничена условиями обеспечения хорошего смесеобразования и тепловыделения. Поэтому при большом числе сопловых отверстий их диаметр должен быть небольшим. Изготовить точно отверстия малого диаметра трудно. Сложна также эксплуатация дизеля с распылителями, имеющими малый диаметр сопловых отверстий. В частности, интенсивнее происходит уменьшение проходного сечения сопловых отверстий из-за отложения на их поверхности кокса, поэтому целесообразно применение меньшего числа отверстий, чем это следует из условия полного охвата струями объема камеры сгорания. При этом для обеспечения полного сгорания топлива воздух приводится во вращательное движение тем более интенсивно, чем меньше число сопловых отверстий, так как в этом случае заряд за характерный промежуток времени, принимаемый обычно равным продолжительности впрыскивания топлива, должен повернуться на больший угол. Достигают этого применением винтового или тангенциального впускных каналов, а также экранированием впускного клапана или его седла (рис. 62, а – г). Каждое из конструктивных решений, предназначенных для четырехтактных двигателей, обеспечивает преимущественное поступление воздуха в нужном направлении (через определенную часть проходного сечения в клапане). Если ось потока, поступающего в этом направлении, не пересекает оси цилиндра, то в результате взаимодействия струй между собой и со стенками цилиндра создается вращательное движение всего заряда. Тот же эффект в случае двухтактных дизелей достигается тангенциальным направлением осей продувочных окон (рис. 62, д).



Для четырехтактных дизелей наиболее эффективно использование винтовых каналов. Отливка головки цилиндра при этом оказывается сложной. Определенные трудности связаны с обеспечением идентичности формы и расположения каналов в процессе производства. При эксплуатации следует принимать меры к предупреждению

накопления заметных отложений на стенках каналов. При подходе поршня к в. м. т. заряд из объема, расположенного над вытеснителем поршня, перетекает в камеру сгорания (рис. 63). Приведенный на рис. 63, а характер перетекания обусловлен взаимодействием сил вытеснения заряда, центробежных сил и сил трения. При соответствующем соотношении между силами заряд перетекает из надпоршневого пространства в камеру сгорания как бы послойно непосредственно у кромки камеры сгорания и движется вдоль её стенки. Сложение скоростей вращательного движения заряда, созданного при впуске, и вытеснения заряда при сжатии вызывает движение заряда, схематически показанное на рис. 63, б. Процесс перетекания связан с определенными потерями энергии вращательного движения, которые тем больше, чем больше исходная энергия вращательного движения заряда при впуске и меньше отношение $\frac{d_{к.с.}}{D}$. В результате перетекания заряда в камеру, имеющую диаметр меньше диаметра цилиндра, скорость вращения заряда увеличивается. Из-за отмеченных потерь энергии это увеличение происходит в меньшей степени, чем следует из закона сохранения момента количества движения, однако ускорение вращения заряда больше при меньших значениях $\frac{d_{к.с.}}{D}$. Для рассматриваемого случая объемного смесеобразования ускорение вращения заряда при вытеснении его в камеру сгорания невелико, так как диаметр камеры сгорания лишь незначительно меньше диаметра цилиндра (см. рис. 61, е).

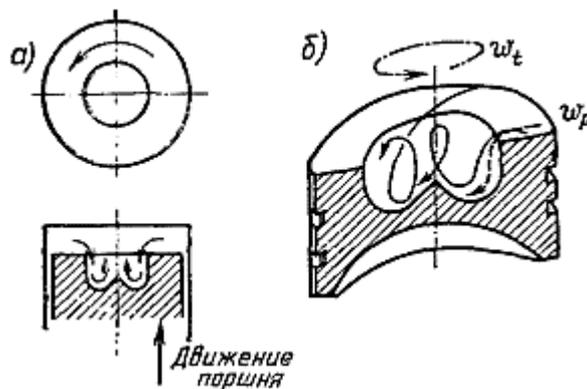


Рисунок 63 – Схемы перетекания и движения заряда в камере сгорания
а — перетекание вращающегося заряда из надпоршневого пространства в камеру сгорания; б — пространственное движение заряда в камере сгорания

Заряд в цилиндре и камере сгорания движется по сложным пространственным траекториям. Помимо особенностей втекания заряда в цилиндр через клапан (продувочные окна) на характер движения заряда влияют переменная скорость перемещения поршня и перетекание заряда из объема над вытеснителем поршня в камеру сгорания. В случае камер объемного смесеобразования наибольшее влияние на процессы смесеобразования оказывает тангенциальная составляющая скорости ω_{τ} , направленная по касательной к окружности камеры сгорания. Другие составляющие малы, и их влияние невелико. На рис. 62, а, д иллюстрируется характер изменения тангенциальной составляющей скорости заряда вдоль диаметра цилиндра. В пределах камеры сгорания (см. рис. 62, а) величина ω_{τ} растёт от центра к периферии, т. е. заряд вращается «как твердое тело». Над вытеснителем поршня ω_{τ} убывает к периферии.

Создание вращательного движения заряда при впуске приводит к уменьшению эффективного сечения клапана и снижению наполнения, причем тем большим, чем больше необходимая интенсивность вращения заряда. На рис. 64 приведена взаимосвязь между максимальным значением тангенциальной скорости движения заряда ω_{tmax} и коэффициентом наполнения η_v . Увеличение ω_{tmax} вызывает уменьшение η_v , более интенсивное при больших диаметрах камеры сгорания.

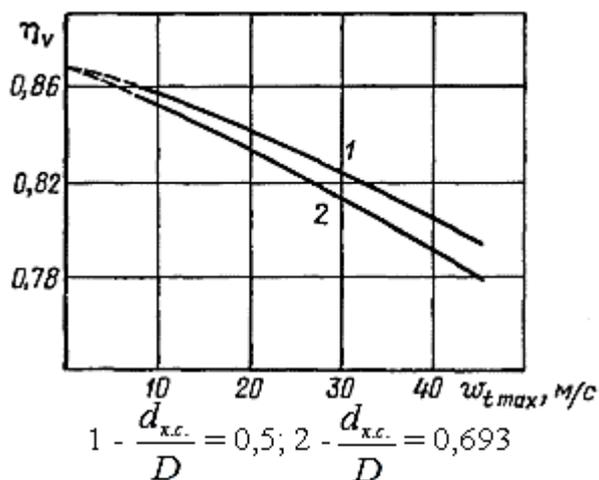


Рисунок 64 – Взаимосвязь между коэффициентом наполнения и максимальным значением тангенциальной составляющей скорости движения заряда

При большом отношении $\frac{d_{к.с.}}{D}$ (см. рис. 61, е), учитывая малое ускорение вращения заряда при вытеснении его в камеру сгорания, чтобы избежать значительного падения наполнения, используют относительно большое число сопловых отверстий (6—10). В рассматриваемом случае наибольшее значение скорости движения заряда не превышает 12—15 м/с.

Движущийся заряд увлекает за собой наиболее мелкие капли и пары топлива. Крупные и движущиеся с большой скоростью капли сносятся в меньшей степени. В целом «развеивание» струй топлива вращающимся зарядом (рис. 65, а—в) заметно влияет на объем факела и динамику его изменения во времени. Так как теплообмен между зарядом и топливом происходит преимущественно в объеме факела, то тем самым ускоряются прогрев и испарение топлива. Смешение паров топлива с воздухом происходит благодаря диффузии. Пары топлива диффундируют в направлении поверхности струй, где концентрация топлива меньше, чем в ядре. Интенсивность смешения в большей мере определяется поэтому поверхностью топливных струй. Важную роль играет тепломассообмен на вершинах струй. Ряд опытов показал, что на начальный период смесеобразования положительное влияние оказывает направленное турбулентное движение заряда. Дополнительная турбулизация положительно действует на заключительной фазе смесеобразования — при догорании топлива. Связано это с тем, что при недостатке кислорода турбулентные пульсации повышают вероятность соприкосновения микрообъемов окислителя и продуктов неполного окисления и распада топлива.

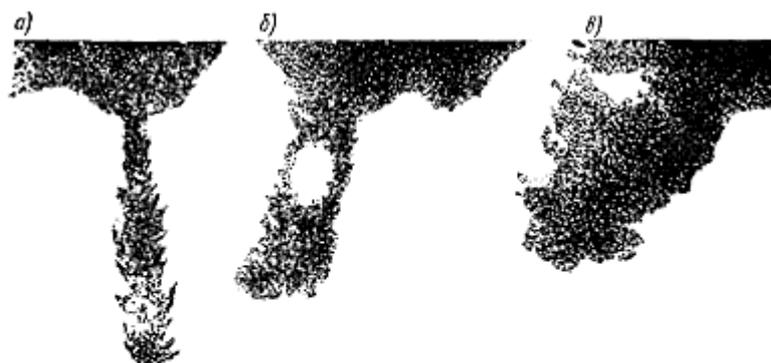


Рисунок 65 – Развитие топливных струй

а — в неподвижном заряде; б — в заряде, движущемся со скоростью 15 м/с; в — в заряде, движущемся со скоростью 35 м/с

После начала горения движение заряда способствует сносу продуктов сгорания с поверхности крупных капель и обеспечивает подвод к ним окислителя. При рассматриваемом методе смесеобразования, очевидно, должен существовать оптимум направленной скорости движения заряда. При чрезмерном ее значении мелкие капли, пары топлива и продукты сгорания из объема одной струи могут движением заряда переноситься в объем соседней струи, приводя к ухудшению смесеобразования. Чрезмерно интенсивный вихрь может также быть причиной недостаточного проникновения капель топлива в объем заряда. Эти явления называют перезавихриванием.

Для хорошего смесеобразования в объеме камеры сгорания существенным являются мелкость, однородность распыливания и длина топливных струй. Еще до начала интенсивного тепловыделения капли топлива должны проникнуть на периферию камеры сгорания, где сосредоточена наибольшая часть воздуха. Обеспечить это трудно из-за малого времени, отводимого для развития струй (тем меньшего, чем больше частота вращения коленчатого вала), и малого диаметра сопловых отверстий. Поэтому в дизелях с объемным смесеобразованием и частотой вращения до 3000 мин⁻¹ наилучшие показатели обеспечиваются при давлениях впрыска, достигающих до 120—140 МПа. Эти высокие давления впрыскивания легко получить применением насосов-форсунок. Их использование, однако, связано с усложнением конструкции и эксплуатации дизеля. В эксплуатации, в частности, трудно обеспечить равномерную подачу топлива по отдельным цилиндрам многоцилиндрового дизеля. При разделенных системах топливоподачи с топливопроводом предельно достижимые и допустимые давления впрыскивания обычно не превышают 80—100 МПа. Ограничения здесь обусловлены усилиями, действующими на детали топливной аппаратуры, искажающим влиянием объемов топлива в системе на характеристику впрыскивания, а также появлением крайне нежелательных дополнительных впрыскиваний топлива, связанных с колебательными процессами в топливопроводах высокого давления.

Комбинация объемного и пристеночного смесеобразования. Такое смесеобразование получается при меньших диаметрах камеры сгорания, когда часть топлива достигает ее стенки и концентрируется в пристеночном слое. Доля этого топлива непосредственно соприкасается со стенкой камеры сгорания. Другая часть капель топлива располагается в пограничном слое заряда. Попадание топлива в пристеночный слой существенно изменяет скорость смесеобразования до начала горения из-за низких температур и турбулентности заряда в этой зоне, уменьшения скорости испарения топлива и смешения его паров с воздухом. В результате снижается скорость тепловыделения в начале сгорания. После начала горения и повышения температуры

заряда скорости испарения и смешения резко возрастают. Поэтому подача части топлива в пристеночную зону не затягивает завершения горения.

В случае применения меньших отношений $\frac{d_{к.с.}}{D}$ удается существенно снизить усилия в деталях топливной аппаратуры, а следовательно, повысить ее износостойкость и надежность. При $\frac{d_{к.с.}}{D} = 0,5 \div 0,6$ (см. рис. 61, а, б, ж) в связи со значительным ускорением вращения заряда при перетекании его в камеру сгорания удается использовать 3—4 сопловых отверстия достаточно большого диаметра. Значение тангенциальной составляющей скорости движения заряда достигает 25—30 м/с. Большой диаметр соплового отверстия и меньшее расстояние от распылителя до периферии камеры сгорания определяют существенно меньшие значения давлений впрыскивания, обеспечивающих наилучшие показатели дизеля. Максимальные значения давлений впрыскивания, как правило, не превышают 40—50 МПа. Уменьшение отношения $\frac{d_{к.с.}}{D}$ вносит ряд других изменений. Появляются возможности смещения оси камеры сгорания и распылителя с оси цилиндра, увеличения размера впускного клапана и обеспечения высокого наполнения при одном впускном клапане.

Нередко для рассматриваемых камер сгорания форсунку располагают наклонно и выносят из-под крышки головки цилиндра. При этом облегчаются установка и снятие форсунки в процессе эксплуатации. В случае смещения распылителя с оси камеры сгорания и наклонной установки форсунки оси отдельных распыливающих отверстий располагают под разными углами к оси распылителя. Чтобы обеспечить правильное положение струй в камере сгорания, необходима фиксация распылителя относительно корпуса форсунки.

Важное значение в рассматриваемых камерах приобретают радиальные составляющие скорости перетекания заряда из объема над вытеснителем поршня в камеру сгорания, преобразующиеся в осевые, т. е. направленные вдоль оси цилиндра. Перетекающий заряд захватывает пары, мелкие капли, продукты сгорания и переносит их в глубь камеры сгорания. При расширении во время обратного перетекания заряда часть несгоревшего топлива переносится в пространство над вытеснителем, где имеется еще не использованный для сгорания воздух. Последний не полностью участвует в процессах окисления. Поэтому стремятся уменьшить до минимума объем заряда, находящегося в пространстве между вытеснителем поршня (при положении в в. м. т.) и головкой цилиндра, доводя высоту его (см. рис. 61, а) $\delta_{н.з.}$ до 0,9—1 мм. При этом важной оказывается стабилизация зазора при изготовлении и ремонте дизеля.

Следует отметить, что в случае меньших $\frac{d_{к.с.}}{D}$ при прочих равных условиях большим оказывается количество воздуха, сосредоточенного в зазоре между вытеснителем поршня и головкой цилиндра, что приводит к менее полному использованию воздуха для сгорания топлива. Как следствие, необходимо большее значение общего коэффициента избытка воздуха при наибольшей нагрузке дизеля. Долю воздуха, участвующего непосредственно в горении, можно охарактеризовать в первом приближении отношением $\frac{V_{к.с.}}{V_c}$, где $V_{к.с.}$ — объем камеры сгорания. Увеличению этого отношения способствуют ликвидация или уменьшение глубины выточек под клапаны на днище поршня, достигаемые рациональным выбором фаз работы и профиля кулачков газораспределения.

Пристеночное смесеобразование. В ряде конструкций камер сгорания, когда почти все топливо направляется в пристеночную зону, имеет место пристеночное смесеобразование. При таком смесеобразовании камера сгорания может быть расположена соосно с цилиндром, а форсунка смещена к периферии камеры сгорания, одна или две струи топлива направляются либо под острым углом на стенку камеры

сгорания, имеющей сферическую форму (см. рис. 61, г), либо вблизи и вдоль стенки камеры сгорания (см. рис. 61, д). В обоих случаях заряд приводится в достаточно интенсивное вращательное движение (тангенциальная скорость движения заряда достигает 50—60 м/с), способствующее распространению топливных капель вдоль стенки камеры сгорания.

Согласно одной из гипотез, в вихревом потоке заряда осуществляется сепарация рабочей смеси. Менее плотные продукты сгорания переносятся в центр камеры сгорания, а более плотный воздух из центральной части камеры сгорания — к периферии, где сконцентрировано топливо, обеспечивая его постепенное и полное окисление. Осуществляется так называемое термическое смесеобразование. Многочисленные опыты показали, что при таком способе направления топлива в пристеночный слой количество топливоздушная смеси, подготовленной к взрывному сгоранию, уменьшается, горение сопровождается малыми скоростями нарастания давления в цилиндре, дизель работает «мягко» и менее шумно. Кроме того, он оказывается в большей степени приспособленным к работе на топливах различного фракционного состава, в частности на бензине.

При впрыскивании топлива в объем из-за затрат теплоты на испарение топлива существенно снижается температура заряда (до 150—200°C по осям струй). Это затрудняет воспламенение топлива вследствие уменьшения скорости предпламенных реакций. В случае использования легких топлив, имеющих высокую температуру воспламенения и нередко высокую теплоту парообразования, снижение температуры в объеме факела может привести к затруднению воспламенения, увеличению периода задержки воспламенения τ_i , в результате чего τ_i окажется больше продолжительности впрыскивания топлива и тогда вся порция топлива будет участвовать во взрывном горении. При этом скорости нарастания и максимальные значения давления в цилиндре будут недопустимо высоки. Возможны случаи, когда воспламенение становится нерегулярным или вовсе прекращается. Попытка добиться надежного и быстрого воспламенения увеличением степени сжатия создает опасность недостаточного проникновения топливных струй из-за большой плотности заряда, особенно в случае камер сгорания с большим $\frac{d_{к.с.}}{D}$.

При впрыскивании в пристеночный слой в объем горячего заряда попадает, по предположениям, всего 5—10% топлива. Прогрев и испарение столь небольшого количества топлива не может привести к существенному снижению температуры заряда. Основная часть топлива при этом «инертна» в связи с тем, что она сосредоточена у стенки в малом объеме заряда. Предполагается, что первоначально воспламеняется именно часть топлива, попавшая в объем заряда. В дальнейшем по мере испарения и смешения с воздухом горение распространяется на основную часть топлива, направленную в пристеночный слой. Однако впрыскивание в пристеночный слой и особенно непосредственно на стенку затрудняет пуск из-за низкой температуры стенок непрогретого дизеля. Существенное улучшение воспламеняемости низкоцетановых топлив обеспечивается при увеличении степени сжатия. Степень сжатия специальных многотопливных дизелей приходится повышать до 26. Для камер с пристеночным смесеобразованием опасность недостаточного проникновения топливных струй существенно меньше. Поэтому повышение степени сжатия не вызывает ухудшения смесеобразования.

За последние годы разработаны конструкции двигателей, в которых сочетаются методы смесеобразования в дизеле и воспламенения в карбюраторном двигателе. В частности, предложено использовать искровое зажигание в камерах с пристеночным смесеобразованием. Таким образом достигается возможность снижения степени сжатия, использования топлив вплоть до высокооктановых бензинов и спиртов при малых скоростях повышения и максимальных значениях давления сгорания.

При пристеночном способе смесеобразования требуется менее тонкое распыливание топлива. Максимальные давления впрыскивания не превышают 40—45 МПа. Используют 1—2 сопловых отверстия большого диаметра.

Обычно считают, что в камере ЦНИДИ (см. рис. 61, в), осуществляется комбинированное объемно-пристеночное смесеобразование. С камерами, в которых осуществляется пристеночное смесеобразование, камеру ЦНИДИ сближают сравнительно малый путь струй до попадания на стенку и подача струй на стенку под острым углом. В случае малоразмерных дизелей первые порции впрыскиваемого топлива долетают до пристеночного слоя, что уменьшает количество топливовоздушной смеси, подготовленной за период задержки воспламенения к быстрому сгоранию. Это способствует «мягкой» работе дизеля с малыми скоростями нарастания давления.

В отличие от рассмотренных ранее камер сгорания (см. рис. 61, а, б, г—ж) в случае камеры ЦНИДИ при впуске не создается вращательного движения заряда. Заряд приводится в движение при вытеснении его из надпоршневого пространства в камеру сгорания, диаметр горловины которой составляет приблизительно 0,35 D. При этом в камере сгорания создается вихрь, ось которого расположена в плоскости, перпендикулярной плоскости чертежа. Скорость движения заряда достигает 40—45 м/с. Отличительная особенность смесеобразования в камере ЦНИДИ от пристеночного смесеобразования — встречное движение струй топлива и заряда, вытесняемого из надпоршневого пространства, что способствует увеличению количества топлива, взвешенного в объеме камеры сгорания, и сближает процесс с объемным смесеобразованием. При использовании камеры ЦНИДИ применяют 3—5 сопловых отверстий. Параметры впрыскивания топлива близки к тем, которые имеют место в камерах сгорания типа ВТЗ и ЯМЗ (см. рис. 61, а, б).

Недостатки камеры ЦНИДИ, так же как и камер сгорания с пристеночным смесеобразованием, — большая высота головки поршня из-за значительной глубины камеры сгорания, высокая тепловая напряженность головки цилиндра, поршня и особенно горловины камеры сгорания, а также малое значение $\frac{V_{к.с.}}{V_c}$, что требует применения больших избытков воздуха. В камере ЦНИДИ расположение форсунки по высоте оказывает влияние на соотношение между порциями топлива, попавшими на стенку и в объем, и экономичность дизеля. Поэтому не допускается изменение расположения форсунки по высоте при переборках дизеля в процессе эксплуатации.

Раздел «Расчёт основных показателей двигателя»

Расчёт количества воздуха и продуктов сгорания

Принимаем средний элементарный состав 1 кг дизельного топлива: углерод $C = 0,870$; водород $H = 0,126$; кислород $O = 0,004$.

Теоретически необходимое количество воздуха для полного сгорания 1 кг топлива, кмоль/кг

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right), \quad (1)$$

где 0,21 – объёмное содержание кислорода в 1 кмоль воздуха.

$$L_0 = \frac{1}{0,21} \cdot \left(\frac{0,870}{12} + \frac{0,126}{4} - \frac{0,004}{32} \right) = 0,495$$

Действительное количество воздуха, кмоль/кг

$$M_1 = \alpha_1 L_0, \quad (2)$$

где α_1 – коэффициент избытка воздуха для сгорания топлива, $\alpha_1 = 1,8 \div 2,1$.
Принимаем $\alpha_1 = 2,0$, т.к. ДВС с наддувом (по заданию).

$$M_1 = 2 \cdot 0,495 = 0,99$$

Суммарное количество продуктов сгорания, кмоль/кг

$$M_2 = \alpha_1 L_0 + \frac{H}{4} + \frac{O}{32}. \quad (3)$$

$$M_2 = 2 \cdot 0,495 + \frac{0,126}{4} + \frac{0,004}{32} = 1,022$$

Изменение объёмов продуктов сгорания, кмоль/кг

$$\Delta M = M_2 - M_1. \quad (4)$$

$$\Delta M = 1,022 - 0,99 = 0,032$$

Коэффициент молекулярного изменения

$$\mu_0 = \frac{M_2}{M_1}. \quad (5)$$

$$\mu_0 = \frac{1,022}{0,99} = 1,032$$

Расчёт параметров процесса наполнения

Давление в конце наполнения для четырёхтактных двигателей, МПа

$$P_1 = (0,9 \div 0,96) P_B. \quad (6)$$

$$P_1 = 0,9 \cdot 0,25 = 0,225$$

Температура в конце процесса наполнения, К

$$T_1 = \frac{T_B + \Delta T + \gamma_r T_r}{1 + \gamma_r}, \quad (7)$$

где ΔT – подогрев свежего заряда от стенок цилиндра и поршня, $\Delta T = 5 \div 25$ К, принимаем $\Delta T = 15$ К; T_r – температура остаточных газов, для четырёхтактных двигателей $T_r = 700 \div 900$ К, принимаем $T_r = 800$ К; γ_r – коэффициент остаточных газов, для четырёхтактных двигателей с наддувом $\gamma_r = 0,01 \div 0,03$, для четырёхтактных двигателей без наддува $\gamma_r = 0,08 \div 0,12$, принимаем $\gamma_r = 0,02$, т.к. ДВС с наддувом (по заданию).

$$T_1 = \frac{329 + 15 + 0,02 \cdot 800}{1 + 0,02} = 352,941$$

Коэффициент наполнения

$$\eta_v = \frac{\varepsilon_v}{\varepsilon_v - 1} \frac{P_1 T_B}{P_B T_1} \frac{1}{1 + \gamma_r}. \quad (8)$$

$$\eta_v = \frac{16,5}{16,5 - 1} \cdot \frac{0,225}{0,25} \cdot \frac{329}{352,941} \cdot \frac{1}{1 + 0,02} = 0,876$$

Расчёт параметров процесса сжатия

Давление в конце процесса сжатия, МПа

$$P_C = P_1 \varepsilon_v^{n_1}, \quad (9)$$

где n_1 – показатель политропы сжатия, $n_1 = 1,32 \div 1,38$, принимаем $n_1 = 1,32$.

$$P_C = 0,225 \cdot 16,5^{1,32} = 9,105$$

Температура в конце сжатия, К

$$T_C = T_1 \varepsilon_v^{n_1 - 1}. \quad (10)$$

$$T_C = 352,941 \cdot 16,5^{1,32-1} = 865,56$$

Расчёт параметров процесса сгорания

Действительный коэффициент молекулярного изменения:

$$\mu = \frac{\mu_0 + \gamma_r}{1 + \gamma_r}. \quad (11)$$

$$\mu = \frac{1,032 + 0,02}{1 + 0,02} = 1,031$$

Степень повышения давления при сгорании:

$$\lambda = \frac{P_{\max}}{P_C}, \quad (12)$$

где P_{\max} – максимально допустимое давление рабочего цикла, МПа, принимаем $P_{\max} = 13,0$ МПа.

$$\lambda = \frac{13}{9,105} = 1,428$$

Рекомендуемые значения $P_{\max} = 6,0 \div 13,0$ МПа; $\lambda = 1,4 \div 2,0$. Условие выполняется.

Решение уравнения сгорания

$$\frac{\xi_4 H_u}{\alpha_1 L_0 (1 + \gamma_r)} = \mu \left(c''_{\mu\nu m} + 8,314 \right) t_{\max} - \left(c'_{\mu\nu m} + 8,314 \lambda \right) t_C + 2270(\mu - \lambda), \quad (13)$$

где ξ_4 – коэффициент эффективного выделения теплоты в точке 4, $\xi_4 = 0,70 \div \div 0,85$, принимаем $\xi_4 = 0,85$; H_u – низшая теплота сгорания дизельного топлива, $H_u = 42500$ кДж/кг; $c''_{\mu\nu m}$ – средняя молярная теплоёмкость продуктов сгорания при постоянном объёме и соответствующая максимальной температуре рабочего цикла, кДж/(кмоль·К); $c'_{\mu\nu m}$ – средняя молярная теплоёмкость воздуха при постоянном объёме и соответствующая температуре конца процесса сжатия, кДж/(кмоль·К), принимаем $c'_{\mu\nu m} = 22,09$ при $t_C = 865,56 - 273 = 592,56$ °С; t_{\max} – максимальная

температура цикла, °C, ($t_{\max} = T_{\max} - 273$ °C); t_C – температура в конце процесса сжатия, °C ($t_C = T_C - 273$ °C), принимаем $t_C = 865,56 - 273 = 592,56$ °C.

После подстановки известных значений получается постоянная величина

$$D = \frac{1}{\mu} \left[\frac{\xi_4 H_u}{\alpha_{10} (1 + \gamma_r)} + (c'_{\mu\nu m} + 8,314\lambda) t_C - 2270(\mu - \lambda) \right], \quad (14)$$

$$D = \frac{1}{1,031} \cdot \left[\frac{0,85 \cdot 42500}{2 \cdot 0,495 \cdot (1 + 0,02)} + (22,09 + 8,314 \cdot 1,428) \cdot 592,56 - 2270(1,031 - 1,428) \right] = 55092,489$$

а уравнение сгорания принимает вид

$$t_{\max} = \frac{D}{c''_{\mu\nu m} + 8,314}. \quad (15)$$

$$1500 = \frac{55092,489}{27,884 + 8,314} \approx 1522$$

Теплоёмкости $c''_{\mu\nu m}$ и $c'_{\mu\nu m}$ являются функцией температур t_{\max} и t_C , а их значения приведены в табл. 1.

Таблица 1

Средние молярные теплоёмкости

Температура, °C	Теплоёмкость воздуха, кДж/(кмоль·К)	Теплоёмкость продуктов сгорания, кДж/(кмоль·К)	Температура, °C	Теплоёмкость воздуха, кДж/(кмоль·К)	Теплоёмкость продуктов сгорания, кДж/(кмоль·К)
0	20,758	22,190	1300	24,018	27,298
100	20,833	22,525	1400	24,250	27,633
200	20,984	22,902	1500	24,459	27,884
300	21,206	23,320	1600	24,682	28,177
400	21,474	23,739	1700	24,863	28,428
500	21,780	24,200	1800	25,003	28,638
600	22,090	24,618	1900	25,167	28,889
700	22,408	25,079	2000	25,326	29,089
800	22,713	25,498	2100	25,474	29,308
900	23,006	25,874	2200	25,611	29,517
1000	23,283	26,293	2300	25,745	29,584
1100	23547	26,628	2400	25,870	29,852

1200	23,794	27,005	2500	25,992	30,019
------	--------	--------	------	--------	--------

Решение уравнения сгорания сводится к определению величины t_{\max} . Это уравнение является квадратным относительно величины t_{\max} и решается методом последовательных приближений (методом подбора). Задавая значение температуры t_{\max} из интервала $1400 \div 2000$ °С, определяют соответствующее значение $c_{\mu\nu m}''$ и подставляют в уравнение сгорания. Если значение правой части уравнения оказалось больше левой, то задаются меньшей величиной t_{\max} и выбирают соответствующее значение $c_{\mu\nu m}''$ и так далее, до равенства обеих частей уравнения (допускается расхождение 1,5 %).

Расхождение составляет около 1,45 % (минимально возможное), следовательно, принимаем $t_{\max} = 1500$ °С, $c_{\mu\nu m}'' = 27,884 \text{ кДж / (кмоль} \cdot \text{К)}$

Степень предварительного расширения

$$\rho = \frac{\mu T_{\max}}{\lambda T_C} \quad (16)$$

$$\rho = \frac{1,031 \cdot 1773}{1,428 \cdot 865,56} = 1,479$$

Расчёт параметров процесса расширения

Степень последующего расширения

$$\delta = \frac{\varepsilon \nu}{\rho} \quad (17)$$

$$\delta = \frac{16,5}{1,479} = 11,156$$

Решение уравнения процесса расширения

$$\frac{(\xi_5 - \xi_4) H_u}{\alpha L_0 \mu (1 + \gamma_r)} = c_{\mu\nu m}^5 t_5 - c_{\mu\nu m}'' t_{\max} + \frac{8,314}{n_2 - 1} (t_{\max} - t_5) \quad (18)$$

После преобразования уравнение процесса расширения принимает вид

$$\frac{(\xi_5 - \xi_4) H_u}{\alpha_1 L_0 \mu (1 + \gamma_r)} + c_{\mu\nu m}^5 t_{\max} = c_{\mu\nu m}^5 t_5 + \frac{8,314}{n_2 - 1} (t_{\max} - t_5), \quad (19)$$

где ξ_5 – доля теплоты, которая затрачена на изменение внутренней энергии и совершение работы расширения от окончания подвода теплоты до конца процесса расширения, $\xi_5 = 0,82 \div 0,92$, принимаем $\xi_5 = 0,9$; $c_{\mu\nu m}^5$ – средняя молярная теплоёмкость продуктов сгорания при постоянном объёме и соответствующая температуре в конце процесса расширения, кДж/(кмоль·К); t_5 – температура продуктов сгорания в конце процесса расширения, °С; n_2 – показатель политропы расширения, $n_2 = 1,20 \div 1,28$.

Из уравнения процесса расширения методом последовательных приближений определяются значения t_5 и n_2 . Рекомендуемые значения температуры в конце процесса расширения $T_5 = 900 \div 1100$ К ($t_5 = T_5 - 273$ °С).

$$\frac{(0,9 - 0,85) \cdot 42500}{2 \cdot 0,495 \cdot 1,031(1 + 0,02)} + 27,884 \cdot 1500 \approx 25,498 \cdot 827 + \frac{8,314}{1,25 - 1} (1500 - 827)$$

$$43867,103 \approx 43468,134$$

Расхождение составляет около 0,9 %, принимаем $T_5 = 1100$ К; $t_5 = 827$ °С, $c_{\mu\nu m}^5 = 25,498$ кДж/(кмоль·К), $n_2 = 1,25$.

Давление в конце процесса расширения, МПа

$$P_5 = P_{\max} \frac{1}{\delta^{n_2}}. \quad (20)$$

$$P_5 = 13 \cdot \frac{1}{11,156^{1,25}} = 0,638$$

Построение индикаторной диаграммы

Индикаторная диаграмма строится в координатах $P - V$ (давление – объём). Рабочий объём цилиндра, л

$$V_h = \frac{10^3 \pi d^2}{4} S. \quad (21)$$

$$V_h = \frac{10^3 \cdot \pi \cdot 0,13^2}{4} \cdot 0,14 = 1,857$$

Объём камеры сгорания для четырёхтактного двигателя, л

$$V_C = \frac{V_h}{\varepsilon_v - 1}. \quad (22)$$

$$V_C = \frac{1,857}{16,5 - 1} = 0,12$$

Построение индикаторной диаграммы начинают с выбора длины отрезка, равного объёму V_h , с учётом масштаба. С учётом этого масштаба определяется длина отрезка, соответствующего объёму V_C . Данные отрезки откладывают в координатах $P - V$ (V по оси абсцисс, а P – по оси ординат). Далее из концов отрезков возводят перпендикуляры, на которых в масштабе откладывают значения давлений в характерных точках (точки 1, 2, 3, 4, 5).

Точки: 1 – начало процесса сжатия; 2 – конец процесса сжатия; 3 – начало предварительного расширения; 4 – начало последующего расширения; 5 – конец процесса расширения. Данным точкам соответствуют следующие объёмы V и давления P (от начала координат):

- 1) точке 1 – $V_1 = V_C + V_h$, $P_1 = P_B$; $V_1 = 0,12 + 1,857 = 1,977$; $P_1 = 0,25$;
- 2) точке 2 – $V_2 = V_C$, $P_2 = P_C$; $V_2 = 0,12$, $P_2 = 9,105$;
- 3) точке 3 – $V_3 = V_C$, $P_3 = P_{\max} = P_C^\lambda$; $V_3 = 0,12$, $P_3 = 13$;
- 4) точке 4 – $V_4 = V_C^\rho$, $P_4 = P_{\max} = P_C^\lambda$; $V_4 = 0,12 \cdot 1,479 = 0,177$, $P_4 = 13$;
- 5) точке 5 – $V_5 = V_1 = V_C + V_h$, $P_5 = P_{\max} \frac{1}{\delta^2}$; $V_5 = 1,977$, $P_5 = 0,638$.

Значения давлений P_{CX} для политропы сжатия 1 – 2 определяются по зависимости

$$P_{CX} = P_1 \left(\frac{V_1}{V_X} \right)^{\gamma_1}, \quad (23)$$

где V_X – текущее значение объёма от V_1 до V_2 .

$$P_{CX} = 0,25 \left(\frac{1,977}{1,977} \right)^{1,32} = 0,25$$

$$P_{CX} = 0,25 \left(\frac{1,977}{1,0} \right)^{1,32} = 0,615$$

$$P_{CX} = 0,25 \left(\frac{1,977}{0,7} \right)^{1,32} = 0,984$$

$$P_{CX} = 0,25 \left(\frac{1,977}{0,4} \right)^{1,32} = 2,06$$

$$P_{CX} = 0,25 \left(\frac{1,977}{0,177} \right)^{1,32} = 6,044$$

$$P_{CX} = 0,25 \left(\frac{1,977}{0,12} \right)^{1,32} = 10,096$$

Значения давлений P_{PX} для политропы расширения 4 – 5 определяются по зависимости

$$P_{PX} = P_5 \left(\frac{V_5}{V_X} \right)^{\eta_2}, \quad (24)$$

где V_X – текущее значение объёма от V_5 до V_4 .

$$P_{PX} = 0,638 \left(\frac{1,977}{1,977} \right)^{1,25} = 0,638$$

$$P_{PX} = 0,638 \left(\frac{1,977}{1,0} \right)^{1,25} = 1,496$$

$$P_{PX} = 0,638 \left(\frac{1,977}{0,7} \right)^{1,25} = 2,336$$

$$P_{PX} = 0,638 \left(\frac{1,977}{0,4} \right)^{1,25} = 4,702$$

$$P_{PX} = 0,638 \left(\frac{1,977}{0,2} \right)^{1,25} = 11,183$$

Для расчёта политроп необходимо взять 5...8 промежуточных точек. Результаты расчёта рекомендуется свести в форму, представленную в табл. 2. Вид расчётной индикаторной диаграммы четырёхтактного двигателя внутреннего сгорания приведён на рис. 1.

Таблица 2

Расчётные значения давлений на линиях сжатия и расширения

Текущее значение объёма, V_X , мм	1,977	1,0	0,7	0,4	0,2	0,177	0,12
Расчетное значение давления на линии сжатия, P_{CX} , мм	0,25	0,615	0,984	2,06	-	6,044	10,096

Расчетное значение давления на линии расширения P_{PX} , мм	0,638	1,496	2,336	4,702	11,183	-	-
---	-------	-------	-------	-------	--------	---	---

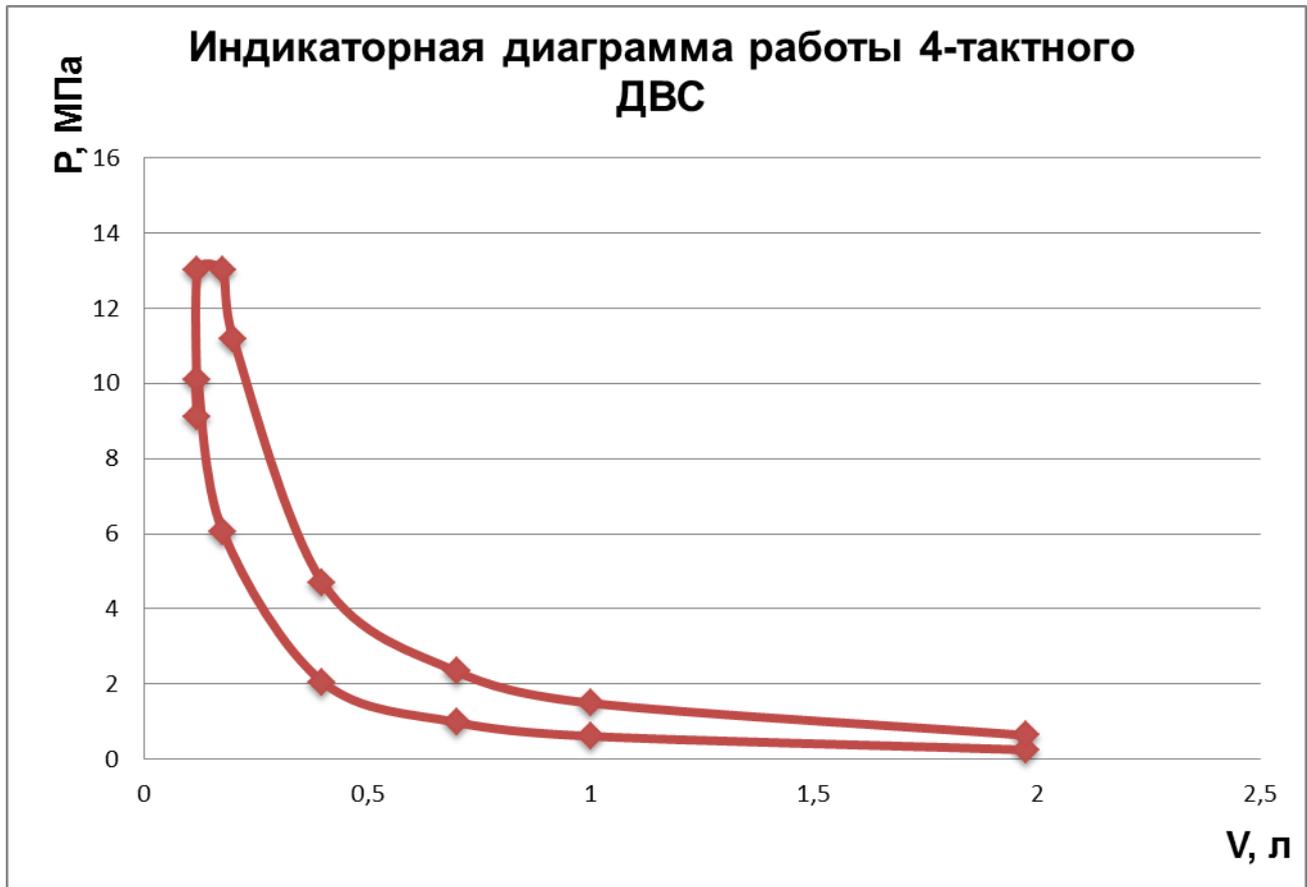


Рисунок 1 – Индикаторная диаграмма четырёхтактного двигателя

Расчёт индикаторных показателей рабочего процесса

Расчётное среднее индикаторное давление, МПа

$$P_{\text{тир}} = \frac{P_C}{\varepsilon_v - 1} \left(\lambda(\rho - 1) + \frac{\lambda\rho}{n_2 - 1} \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2 - 1}} \right) - \frac{1}{n_1 - 1} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon_v^{n_1 - 1}} \right) \right). \quad (25)$$

$$P_{\text{тир}} = \frac{9,105}{16,5 - 1} \cdot \left(1,428 \cdot (1,479 - 1) + \frac{1,428 \cdot 1,479}{1,25 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{11,156^{1,25 - 1}} \right) - \frac{1}{1,32 - 1} \cdot \left(1 - \frac{1}{16,5^{1,32 - 1}} \right) \right) =$$

= 1,562.

Действительное среднее индикаторное давление для четырёхтактных двигателей, МПа

$$P_{mi} = \phi_{\pi} P_{mip}, \quad (26)$$

где ϕ_{π} – коэффициент полноты диаграммы, $\phi_{\pi} = 0,95 \div 0,98$, принимаем $\phi_{\pi} = 0,98$.

$$P_{mi} = 0,98 \cdot 1,562 = 1,531$$

Индикаторная мощность, кВт

$$P_i = \frac{P_{mi} \cdot V_h \cdot n_i}{30\tau}. \quad (27)$$

$$P_i = \frac{1,531 \cdot 1,857 \cdot 2100 \cdot 12}{30 \cdot 4} = 597,044$$

Индикаторный коэффициент полезного действия:

$$\eta_i = 8,314 \frac{\alpha_{10} P_{mi} T_B}{H_u \eta_v P_B}. \quad (28)$$

$$\eta_i = 8,314 \cdot \frac{2 \cdot 0,495 \cdot 1,531 \cdot 329}{42500 \cdot 0,876 \cdot 0,25} = 0,445$$

Удельный индикаторный расход топлива, кг / (кВт·час)

$$b_i = \frac{3600}{H_u \cdot \eta_i}. \quad (29)$$

$$b_i = \frac{3600}{42500 \cdot 0,445} = 0,19.$$

Расчёт эффективных показателей

Среднее эффективное давление, МПа

$$P_{me} = P_{mi} \cdot \eta_m, \quad (30)$$

где η_m – механический коэффициент полезного действия, $\eta_m = 0,75 \div 0,90$, принимаем $\eta_m = 0,9$.

$$P_{me} = 1,531 \cdot 0,9 = 1,378$$

Эффективная мощность, кВт

$$P_e = \frac{P_{me} V_{h}^{ni}}{30\tau} \quad (31)$$

$$P_e = \frac{1,378 \cdot 1,857 \cdot 2100 \cdot 12}{30 \cdot 4} = 537,379$$

Эффективный коэффициент полезного действия

$$\eta_e = \eta_i \eta_m \quad (32)$$

$$\eta_e = 0,445 \cdot 0,9 = 0,401$$

Удельный эффективный расход топлива, кг / (кВт·час)

$$b_e = \frac{3600}{H_u \eta_e} \quad (33)$$

$$b_e = \frac{3600}{42500 \cdot 0,401} = 0,211$$

Часовой расход топлива двигателем, кг/час

$$B_{\text{ч}} = b_e P_e \quad (34)$$

$$B_{\text{ч}} = 0,211 \cdot 537,379 = 113,387$$

Часовой расход воздуха двигателем, кг/час

$$G_{air} = \alpha_1 \beta_{air} \mu_{air} L_0 B_{\text{ч}} \quad (35)$$

где β_{air} – массовый коэффициент избытка продувочного воздуха, для четырёхтактных двигателей $\beta_{air} = 1,0 \div 1,1$, принимаем $\beta_{air} = 1,0$; μ_{air} – молекулярная масса воздуха, $\mu_{air} = 28,95$ кг/кмоль.

$$G_{air} = 2 \cdot 1 \cdot 28,95 \cdot 0,495 \cdot 113,387 = 3249,728$$

Часовой расход продуктов сгорания двигателем, кг/час

$$G_r = G_{air} + B_4. \quad (36)$$

$$G_r = 3249,728 + 113,387 = 3363,115$$

