**Контрольная работа по транспортной энергетике**

**Тема: Расчёт теплового двигателя**

**Введение**

Значительный рост всех отраслей народного хозяйства требует перемещения большого количества грузов и пассажиров. Высокая маневренность, проходимость и приспособленность для работы в различных условиях делает автомобиль одним из основных средств перевозки грузов и пассажиров.

Важную роль играет автомобильный транспорт в освоении восточных и нечерноземных районов нашей страны. Отсутствие развитой сети железных дорог и ограничение возможностей использования рек для судоходства делают автомобиль главным средством передвижения в этих районах.

Автомобильный транспорт в России обслуживает все отрасли народного хозяйства и занимает одно из ведущих мест в единой транспортной системе страны. На долю автомобильного транспорта приходится свыше 80% грузов, перевозимых всеми видами транспорта вместе взятыми, и более 70% пассажирских перевозок.

Автомобильный транспорт создан в результате развития новой отрасли народного хозяйства - автомобильной промышленности, которая на современном этапе является одним из основных звеньев отечественного машиностроения.

Начало создания автомобиля было положено более двухсот лет назад  
(название "автомобиль" происходит от греческого слова autos - "сам" и латинского mobilis - "подвижный"), когда стали изготовлять  
"самодвижущиеся" повозки. Впервые они появились в России. В 1752 г. русский механик-самоучка крестьянин Л. Шамшуренков создал довольно совершенную для своего времени "самобеглую коляску", приводимого в движение силой двух человек. Позднее русский изобретатель И. П. Кулибин создал "самокатную тележку" с педальным приводом. С появлением паровой машины создание самодвижущихся повозок быстро продвинулось вперед. В  
1869-1870 гг. Ж. Кюньо во Франции, а через несколько лет и в Англии были построены паровые автомобили. Широкое распространение автомобиля как транспортного средства начинается с появлением быстроходного двигателя внутреннего сгорания. В 1885 г. Г. Даймлер (Германия) построил мотоцикл с бензиновым двигателем, а в 1886 г. К. Бенц - трехколесную повозку. Примерно в это же время в индустриально развитых странах (Франция, Великобритания, США) создаются автомобили с двигателями внутреннего сгорания.

В конце XIX века в ряде стран возникла автомобильная промышленность. В царской России неоднократно делались попытки организовать собственное машиностроение. В 1908 г. производство автомобилей было организовано на Русско-Балтийском вагоностроительном заводе в Риге. В течение шести лет здесь выпускались автомобили, собранные в основном из импортных частей. Всего завод построил 451 легковой автомобиль и небольшое количество грузовых автомобилей. В 1913 г. автомобильный парк в России составлял около 9000 автомобилей, из них большая часть - зарубежного производства. После Великой Октябрьской социалистической революции практически заново пришлось создавать отечественную автомобильную промышленность. Начало развития российского автомобилестроения относится к 1924 году, когда в Москве на заводе АМО были построены первые грузовые автомобили АМО-Ф-15.

В период 1931-1941 гг. создается крупносерийное и массовое производство автомобилей. В 1931 г. на заводе АМО началось массовое производство грузовых автомобилей. В 1932 г. вошел в строй завод ГАЗ.

В 1940 г. начал производство малолитражных автомобилей Московский завод малолитражных автомобилей. Несколько позже был создан Уральский автомобильный завод. За годы послевоенных пятилеток вступили в строй  
Кутаисский, Кременчугский, Ульяновский, Минский автомобильные заводы.  
Начиная с конца 60-х гг., развитие автомобилестроения характеризуется особо быстрыми темпами. В 1971 г. вступил в строй Волжский автомобильный завод им. 50-летия СССР.

За последние годы заводами автомобильной промышленности освоены многие образцы модернизированной и новой автомобильной техники, в том числе для сельского хозяйства, строительства, торговли, нефтегазовой и лесной промышленности.

В настоящее время существует большое количество устройств, использующих тепловое расширение газов. К таким устройствам относится карбюраторный двигатель, дизели, турбореактивные двигатели и т.д.

Тепловые двигатели могут быть разделены на две основные группы:

1. Двигатели с внешним сгоранием - паровые машины, паровые турбины, двигатели Стирлинга и т.д.
2. Двигатели внутреннего сгорания. В качестве энергетических установок автомобилей наибольшее распространение получили двигатели внутреннего сгорания, в которых процесс сгорания топлива с выделением теплоты и превращением ее в механическую работу происходит непосредственно в цилиндрах. На большинстве современных автомобилей установлены двигатели внутреннего сгорания.

Наиболее экономичными являются поршневые и комбинированные двигатели внутреннего сгорания. Они имеют достаточно большой срок службы, сравнительно небольшие габаритные размеры и массу. Основным недостатком этих двигателей следует считать возвратно-поступательное движение поршня, связанное с наличием кривошатунного механизма, усложняющего конструкцию и ограничивающего возможность повышения частоты вращения, особенно при значительных размерах двигателя.

Преимущества и недостатки перед обычными бензиновыми двигателями

* низкий уровень вибраций. РПД полностью механически уравновешен, что позволяет повысить комфортность лёгких транспортных средств типа микроавтомобилей, мотокаров и юникаров;
* главным преимуществом роторно-поршневого двигателя являются отличные динамические характеристики: на низкой передаче возможно без излишней нагрузки на двигатель разогнать машину выше 100 км/ч на более высоких оборотах двигателя (8000 об/мин и более), чем в случае конструкции обычного [двигателя внутреннего сгорания](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F).
* Высокая удельная мощность(л.с./кг), причины:

1. Масса движущихся частей в РПД гораздо меньше, чем в аналогичных по мощности «нормальных» поршневых двигателях, так как в его конструкции отсутствуют коленчатый вал и шатуны.
2. К тому же однороторный двигатель выдаёт мощность в течение трёх четвертей каждого оборота выходного вала. В отличие от одноцилиндрового поршневого двигателя, который выдаёт мощность только в течение одной четверти каждого оборота выходного вала. (современный серийный РПД с объёмом рабочей камеры 1300 см³ имеет мощность 220 [л.с.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B.%D1%81.), а с турбокомпрессором — 350 [л.с.](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B.%D1%81.))

* меньшие в 1,5—2 раза габаритные размеры.
* меньшее на 35—40 % число деталей

За счёт отсутствия преобразования возвратно-поступательного движения во вращательное, двигатель Ванкеля способен выдерживать гораздо большие обороты, но с меньшими вибрациями, по сравнению с традиционными двигателями. Роторно-поршневые двигатели обладают более высокой мощностью при небольшом объёме камеры сгорания, сама же конструкция двигателя сравнительно мала и содержит меньше деталей. Небольшие размеры улучшают управляемость, облегчают оптимальное расположение трансмиссии (развесовка) и позволяют сделать автомобиль более просторным для водителя и пассажиров.

Соединение ротора с выходным валом через эксцентриковый механизм, являясь характерной особенностью РПД Ванкеля, вызывает давление между трущимися поверхностями, что в сочетании с высокой температурой, приводит к дополнительному износу и нагреву двигателя.

В связи с этим возникает повышенное требование к периодической замене масла. При правильной эксплуатации периодически производится капитальный ремонт, включающий в себя замену уплотнителей. Ресурс при правильной эксплуатации достаточно велик, но не заменённое вовремя масло неизбежно приводит к необратимым последствиям, и двигатель выходит из строя.

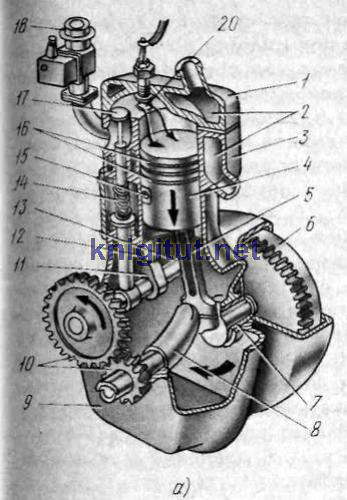
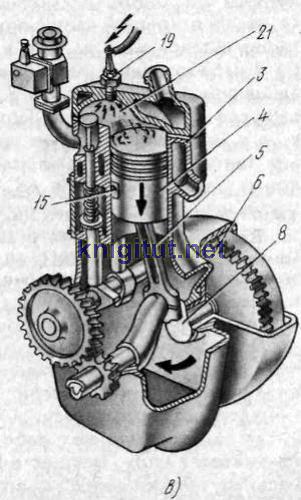
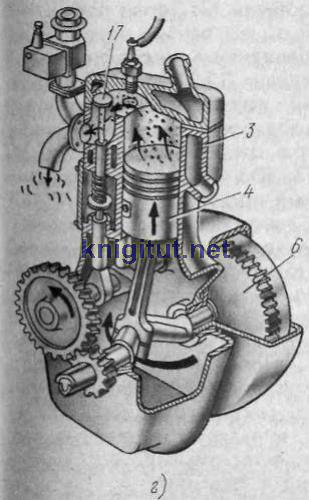
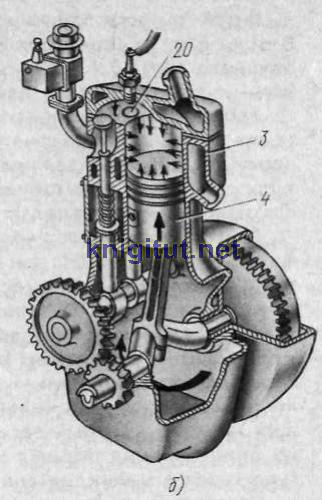
Наиболее важной проблемой считается состояние уплотнителей. Площадь пятна контакта очень невелика, а перепад давления очень высокий. Следствием этого, неразрешимого для двигателей Ванкеля, противоречия являются высокие утечки между отдельными камерами и, как следствие, падение [коэффициента полезного действия](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%9F%D0%94) и токсичность выхлопа.

Проблема быстрого износа уплотнителей на высокой скорости вращения вала была решена применением [высоколегированной стали](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B5%D0%B3%D0%B8%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D0%B0%D1%8F_%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BB%D1%8C).

При всех преимуществах (высокая удельная мощность, простота устройства, несложный ремонт при правильной эксплуатации), важной проблемой является меньшая экономичность на низких оборотах по сравнению с обычными [ДВС](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%94%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D0%B0%D1%82%D0%B5%D0%BB%D1%8C_%D0%B2%D0%BD%D1%83%D1%82%D1%80%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D0%B5%D0%B3%D0%BE_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F).

Другой особенностью двигателей Ванкеля является его склонность к перегреву. [Камера сгорания](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0%D0%BC%D0%B5%D1%80%D0%B0_%D1%81%D0%B3%D0%BE%D1%80%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D1%8F) имеет линзовидную форму, то есть при маленьком объёме у неё относительно большая площадь. При температуре горения рабочей смеси основные потери энергии идут через излучение. Интенсивность излучения пропорциональна четвёртой степени температуры, таким образом идеальная форма камеры сгорания — сферическая. Лучистая энергия не только бесполезно покидает камеру сгорания, но и приводит к перегреву рабочего цилиндра. Эти потери не только снижают эффективность преобразования химической энергии в механическую, но и вызывают проблемы с воспламенением рабочей смеси, поэтому в конструкции двигателя часто предусматривают 2 свечи.

Высокие требования к исполнению деталей двигателя делают его сложным в производстве — требуется применение высокотехнологичного и высокоточного оборудования: станков, способных перемещать инструмент по сложной траектории [эпитрохоидальной](http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%AD%D0%BF%D0%B8%D1%82%D1%80%D0%BE%D1%85%D0%BE%D0%B8%D0%B4%D0%B0) поверхности камеры объёмного вытеснения.

****

Устройство и работа четырехтактного карбюраторного двигателя*: а — впуск, б — сжатие, в — рабочий ход, г — выпуск;*

*1 — головка цилиндра, 2 — водяная рубашка, 3 — цилиндр, 4 — поршень, 5 — шатун, 6 — маховик, 7 — коренной подшипник коленчатого вала, 8 — коленчатый вал, 9 — картер, 10— распределительные шестерни, 11— кулачок распределительного вала, 12— толкатель, 13 — распределительный вал, 14 — пружина клапана, 15 — поршневой палец, 16 — поршневые кольца, 17 — выпускной клапан, 18 — карбюратор, 19 — свеча зажигания, 20 — впускной клапан, 21 — камера сгорания.*

**Тепловой расчет и определение основных размеров двигателя**

Исходные данные для теплового расчета поршневого двигателя внутреннего сгорания

Номинальная мощность  80

Частота вращения коленчатого вала  5400

Число цилиндров  6

Степень сжатия  8,5

Коэффициент избытка воздуха  0,92

**2.1 Рабочее тело и его свойства**

2.1.1 Топливо

##### Топливом для рассчитываемого двигателя служит бензин А-76

по ГОСТ 2084-77.

Элементный состав топлива: ; ; .

Низшая теплота сгорания  в кДж/кг:



где  и – массовые доли серы и влаги в топливе.

В расчетах принимается ; .



2.1.2 Горючая смесь

Теоретически необходимое количество топлива  в кг·возд/кг·топл:

и  в кмоль возд/кг топл:

Коэффициент избытка воздуха =0,85…0,98 Принимаем =0,92

Действительное количество воздуха в кмоль·возд/кг·топл:

Молекулярная масса паров топлива =110…120 кг/кмоль.

Принимаем =114 кг/кмоль.

Количество горючей смеси в кмоль гор.см/кг топл:

2.1.3 Продукты сгорания

При неполном сгорании топлива продукты сгорания представляют собой смесь углекислого газа , водяного пара , окиси углерода , свободного водорода и азота .

Количество отдельных составляющих продуктов сгорания в

кмоль пр.сг/кг топл:

 ,

 ,

 ,

 ,

где  – константа, зависящая от отношения количества водорода и окиси углерода в продуктах сгорания; для бензинов =0,45…0,5

Принимаем =0,5

Общее количество продуктов неполного сгорания в кмоль·пр.сг/кг·топл:



.

Изменение количества молей рабочего тела при сгорании в кмоль пр.сг/кг топл:

 .

Химический коэффициент молекулярного изменения горючей смеси:

**2.2 Процесс впуска**

2.2.1 Давление и температура окружающей среды

Атмосферные условия: Р0=0,1 МПа; Т0=293 К.

2.2.2 Давление и температура остаточных газов

Pr=(1,05…1,25)P0, Принимаем Pr=0,12 МПа.

Tr=900…1100 К Принимаем Tr=1000 К.

2.2.3 Степень подогрева заряда

=0…20 К, Принимаем =15 К.

2.2.4 Давление в конце впуска

– средняя скорость движения заряда при максимальном открытии клапана м/с

Принимаем , м/с

Плотность заряда на впуске  в кг/м3:

Так как наддув отсутствует, впуск воздуха происходит из атмосферы, то

 МПа, К.

Потери давления во впускном трубопроводе  в МПа:





Давления в конце впуска в МПа:

2.2.5 Коэффициент и количество остаточных газов

Коэффициент остаточных газов :

Количество остаточных газов  в кмоль ост.газов/кг топл:

 .

2.2.6 Температура в конце впуска

Температура в конце впуска  в градусах Кельвина (К):

2.2.7 Коэффициент наполнения



.

Таблица 2.1―Рассчитанные параметры процесса впуска в сравнении со значениями этих параметров у современных автомобильных двигателей

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Параметры | | | |
| , МПа | γr | , К |  |
| Карбюраторные | 0,080…0,095 | 0,04…0,10 | 340…370 | 0,70…0,90 |
| Рассчитываемый  двигатель | 0,085 | 0,061 | 347,8 | 0,764 |

**2.3 Процесс сжатия**

2.3.1 Показатель политропы сжатия

Средний показатель адиабаты сжатия :





Показатель политропы сжатия  1,36

2.3.2 Давление и температура конца процесса сжатия

Давление  в МПа и температура  в градусах Кельвина (К) а конце процесса сжатия:

;

.

2.3.3 Средняя мольная теплоемкость рабочей смеси в конце сжатия

Температура конца процесса сжатия  в градусах Цельсия (ºС):

# Средняя мольная теплоемкость остаточных газов в конце сжатия в кДж/(кмоль·град):

Средняя мольная теплоемкость остаточных газов в конце сжатия  в

# кДж/(кмоль·град):





# Средняя мольная теплоемкость рабочей смеси в кДж/(кмоль·град):

;

# 

Таблица 2.2― Значения параметров процесса сжатия

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Параметры | | |
|  | , МПа | , К |
| Карбюраторные | 1,34…1,38 | 0,9…2,0 | 600…800 |
| Рассчитываемый  двигатель | 1,36 | 1,56 | 751,5 |

**2.4 Процесс сгорания**

2.4.1 Коэффициент молекулярного изменения рабочей смеси

 .

2.4.2 Температура конца видимого сгорания

Температура газа  в конце видимого сгорания определяется с использованием решения уравнения сгорания, которая имеет вид:

.

где — коэффициент использования низшей теплоты сгорания на участке видимого сгорания, =0,8…0,95 Принимаем =0,85

— потеря теплоты вследствие химической неполноты сгорания, кДж/кг

при <1

— средняя мольная теплоемкость продуктов сгорания при постоянном объеме, кДж/(кмоль·град):

.

Отдельные средние мольные теплоемкости продуктов сгорания при изменении температуры в диапазоне 1501…2800 ºС, могут быть выражены в зависимости от температуры :

;

;

;

;

.



##### Получаем квадратное уравнение вида:

.

Температура в конце видимого сгорания в градусах Цельсия (ºС):

.

Температура  в градусах Кельвина (К):

.

2.4.3 Степень повышения давления цикла

; 

2.4.4 Степень предварительного расширения

=1.

2.4.5 Максимальное давление сгорания

Максимальное давление  в МПа в конце сгорания:

Таблица 2.3― Значения параметров процесса сгорания

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Параметры | | | |
|  |  | , **МПа** | , К |
| Карбюраторные | 3,2…4,2 | 1,0 | 3,5…7,5 | 2400…3100 |
| Рассчитываемый  двигатель | 4,13 | 1,0 | 6,44 | 2630 |

**2.5 Процесс расширения.**

2.5.1 Показатель политропы расширения

##### Средний показатель адиабаты расширения :

;

.

2.5.2 Давление и температура конца процесса расширения

##### Степень последующего расширения:

; 

Давление  в МПа и температура  в градусах Кельвина (К) в конце процесса расширения:

; 

; 

###### **Таблица 2.4― Значения параметров процесса расширения**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Параметры | | |
|  | , МПа | , К |
| Карбюраторные | 1,23..1,30 | 0,35…0,6 | 1200…1700 |
| Рассчитываемый  двигатель | 1,257 | 0,436 | 1514,1 |

2.6 Проверка точности выбора температуры остаточных газов

Расчетное значение температуры остаточных газов  в К:

; 

##### Расхождение между принятой величиной и рассчитанной :

; 

**2.7 Индикаторные показатели рабочего цикла**

2.7.1 Среднее индикаторное давление

Среднее теоретическое индикаторное давление  в МПа:

;



Среднее действительное индикаторное давление действительного цикла

 в МПа:

; 

где — коэффициент полноты индикаторной диаграммы

=0,94…0,97 Принимаем =0,96

2.7.2 Индикаторный КПД

; 

2.7.3 Индикаторный удельный расход топлива

Индикаторный удельный расход топлива  **** в г/(кВт·ч):

; 

Таблица 2.5― Значения индикаторных показателей двигателей

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Параметры | | |
| , МПа |  | **,** г/(кВт·ч) |
| Карбюраторные | 0,6…1,4 | 0,3…0,4 | 210,,,275 |
| Рассчитываемый  двигатель | 1,12528 | 0,372 | 220,3 |

**2.8 Эффективные показатели двигателя**

2.8.1 Давление механических потерь

Принимаем: экспериментальные коэффициенты =0,034; =0,0113

средняя скорость поршня =9…16 м/с =13,5 м/с

Давление механических потерь  в МПа:

; 

2.8.2 Среднее эффективное давление

Среднее эффективное давление  в МПа:

2.8.3 Механический КПД

; 

2.8.4 Эффективный КПД

; 

2.8.5 Эффективный удельный расход топлива

Эффективный удельный расход топлива  в г/(кВт·ч):

; 

###### **Таблица 2.6― Значения эффективных показателей двигателей**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя | Параметры | | | |
| , МПа |  |  | , г/(кВт·ч) |
| Карбюраторные | 0,6…1,1 | 0,23…0,38 | 0,75…0,92 | 230…310 |
| Рассчитываемый  двигатель | 0,94 | 0,31 | 0,83 | 265,4 |

**2.9 Основные параметры и показатели двигателя**

Рабочий объем цилиндра  в дм2:

; 

— коэффициент тактности рабочего цикла, =4

Диаметр цилиндра  в мм:

; 

где — отношение линейных размеров цилиндра =0,86…1,07

Принимаем =0,96

Ход поршня двигателя  в мм:

; 

Округляем до 95 мм.

Расчетная средняя скорость поршня  в м/с:

; 

##### Ошибка между принятой и расчетной средней скоростью поршня:

; 

Рабочий объем одного цилиндра  в дм3:

; 

Литраж двигателя  в дм3:

; 

Объем камеры сгорания  в дм3:

; 

Полный объем цилиндра  в дм3:

; .

Эффективная мощность двигателя  в кВт:

; 

Поршневая мощность двигателя  в кВт/дм2:

; 

Эффективный крутящий момент  в Н·м:

; 

Часовой расход топлива  в кг/ч:

; 

Масса двигателя  в кг:

; 

где  — удельная масса рядного двигателя =3,5 кг/кВт

**2.10 Оценка надежности двигателя**

##### По критерию Б. Я. Гинцбурга:

; 

##### Критерий А.К.Костина:

;



Поскольку у рассчитываемого двигателя =2,03 кВт/см не превышает значения 2,8 кВт/см, а =8,97 — значения 9,0, то ориентировочно можно считать двигатель надежным.

**2.11 Тепловой баланс**

Общее количество теплоты введенное в цилиндр  в Дж/с:

; 

Теплота , эквивалентная эффективной работе, в Дж/с:

; 

Теплота , отводимая охлаждающей жидкостью, в Дж/с:

;



где  — коэффициент пропорциональности, =0,45…0,53

Принимаем =0,5

 — показатель степени, =0,6…0,7 Принимаем =0,63

Теплота , унесенная из двигателя с отработавшими газами, в Дж/с:

;



где  — температура остаточных газов, Сº:

.

 — теплоемкость остаточных газов в кДж/(кмоль·град):

;



 — теплоемкость свежего заряда в кДж/(кмоль·град):

; .

Теплота  потерянная при неполном сгорании топлива в Дж/с:

; 

Неучтенные потери теплоты  в Дж/с:

;

.

##### Основные значения составляющих теплового баланса:

; 

; 

; 

; 

; 

;



Таблица 2.7― Значения составляющих теплового баланса в процентах

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Тип двигателя |  |  |  |  |  |
| Карбюраторный | 23…38 | 24..32 | 30…55 | 0…21 | 3…10 |
| Рассчитываемый двигатель. | 29,00195604 | 24,09538035 | 28,01157978 | 14,11670973 | 4,774374102 |

2.12 Анализ полученных результатов

В результате теплового расчета были определены параметры рабочего тела в цилиндре двигателя, а также произведены оценочные показатели процесса, позволяющие определить размеры двигателя и оценить его мощностные и экономические показатели.