**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ**

**Брянский государственный технический университет**

Кафедра «Автомобили и автомобильное хозяйство»

РЕФЕРАТ

по дисциплине «Математическое моделирование на ЭВМ»

**Проектирование и моделирование двигателя внутреннего сгорания**

Преподаватель:

Архангельский А.Н.

Брянск 2008

* 1. **Моделирование как метод научного познания**

Моделирование в научных исследованиях стало применяться еще в глубокой древности и постепенно захватывало все новые области научных знаний: техническое конструирование, строительство и архитектуру, астрономию, физику, химию, биологию и, наконец, общественные науки. Большие успехи и признание практически во всех отраслях современной науки принес методу моделирования ХХ в. Однако методология моделирования долгое время развивалась независимо отдельными науками. Отсутствовала единая система понятий, единая терминология. Лишь постепенно стала осознаваться роль моделирования как универсального метода научного познания.

Термин "модель" широко используется в различных сферах человеческой деятельности и имеет множество смысловых значений. Рассмотрим только такие "модели", которые являются инструментами получения знаний.

Модель - это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает объект-оригинал так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале. Под моделированием понимается процесс построения, изучения и применения моделей. Оно тесно связано с такими категориями, как абстракция, аналогия, гипотеза и др. Процесс моделирования обязательно включает и построение абстракций, и умозаключения по аналогии, и конструирование научных гипотез.

Главная особенность моделирования в том, что это метод опосредованного познания с помощью объектов-заместителей. Модель выступает как своеобразный инструмент познания, который исследователь ставит между собой и объектом и с помощью которого изучает интересующий его объект. Именно эта особенность метода моделирования определяет специфические формы использования абстракций, аналогий, гипотез, других категорий и методов познания.

Необходимость использования метода моделирования определяется тем, что многие объекты (или проблемы, относящиеся к этим объектам) непосредственно исследовать или вовсе невозможно, или же это исследование требует много времени и средств.

Процесс моделирования включает три элемента:

1) субъект (исследователь),

2) объект исследования,

3) модель, опосредствующую отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

Пусть имеется или необходимо создать некоторый объект А. Мы конструируем (материально или мысленно) или находим в реальном мире другой объект В - модель объекта А. Этап построения модели предполагает наличие некоторых знаний об объекте-оригинале. Познавательные возможности модели обуславливаются тем, что модель отражает какие-либо существенные черты объекта-оригинала. Вопрос о необходимости и достаточной мере сходства оригинала и модели требует конкретного анализа. Очевидно, модель утрачивает свой смысл как в случае тождества с оригиналом (тогда она перестает быть оригиналом), так и в случае чрезмерного во всех существенных отношениях отличия от оригинала.

Таким образом, изучение одних сторон моделируемого объекта осуществляется ценой отказа от отражения других сторон. Поэтому любая модель замещает оригинал лишь в строго ограниченном смысле. Из этого следует, что для одного объекта может быть построено несколько "специализированных" моделей, концентрирующих внимание на определенных сторонах исследуемого объекта или же характеризующих объект с разной степенью детализации.

На втором этапе процесса моделирования модель выступает как самостоятельный объект исследования. Одной из форм такого исследования является проведение "модельных" экспериментов, при которых сознательно изменяются условия функционирования модели и систематизируются данные о ее "поведении". Конечным результатом этого этапа является множество знаний о модели.

На третьем этапе осуществляется перенос знаний с модели на оригинал формирование множества знаний об объекте. Этот процесс переноса знаний проводится по определенным правилам. Знания о модели должны быть скорректированы с учетом тех свойств объекта-оригинала, которые не нашли отражения или были изменены при построении модели. Мы можем с достаточным основанием переносить какой-либо результат с модели на оригинал, если этот результат необходимо связан с признаками сходства оригинала и модели. Если же определенный результат модельного исследования связан с отличием модели от оригинала, то этот результат переносить неправомерно.

Четвертый этап практическая проверка получаемых с помощью моделей знаний и их использование для построения обобщающей теории объекта, его преобразования или управления им.

Для понимания сущности моделирования важно не упускать из виду, что моделирование - не единственный источник знаний об объекте. Процесс моделирования "погружен" в более общий процесс познания. Это обстоятельство учитывается не только на этапе построения модели, но и на завершающей стадии, когда происходит объединение и обобщение результатов исследования, получаемых на основе многообразных средств познания.

Моделирование - циклический процесс. Это означает, что за первым четырехэтапным циклом может последовать второй, третий и т.д. При этом знания об исследуемом объекте расширяются и уточняются, а исходная модель постепенно совершенствуется. Недостатки, обнаруженные после первого цикла моделирования, обусловленные малым знанием объекта и ошибками в построении модели, можно исправить в последующих циклах. В методологии моделирования, таким образом, заложены большие возможности саморазвития.

**2. Постановка задачи**

Первым этапом моделирования работы ДВС на основе влияния размеров и формы камер сгорания является постановка задачи, т.е. составить план проведения работы, какие необходимо совершить операции для усовершенствования камер сгорания уже существующих двигателей. Для начала необходимо ознакомиться с уже существующими формами и показателями двигателей и проследить зависимости показателей двигателей, а так же проследить современные новшества в конструировании двигателей. С этой целью рассмотрим один из процессов, протекающих в двигателе, например смесеобразование, т.к. для быстрого, полного и эффективного сгорания топлива необходимо его испарение и смешение в определенных пропорциях с воздухом. Развитие и совершенство смесеобразования определяются характеристиками впрыскивания и распыливания, скоростями движения заряда вкамере 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.

Затем, имея конкретные данные о существующих формах камер сгорания определить какие показатели работы двигателя можно изменить, путем увеличения или уменьшения объемов камер сгорания. Анализ этих данных (расход топлива, мощность, КПД) позволяет сделать вывод о том, выгодно ли изменять размер камеры сгорания и не будут ли изменяться в худшую сторону показатели, при улучшении одного из них.

На следующем этапе можно сделать вывод о изложенном выше и подвести итог.

Итак, поставим перед собой следующие задачи:

1.Рассмотреть существующие формы камер сгорания.

2. Проследить влияние формы камеры сгорания на примере смесеобразования.

2. Усовершенствование конструкции камер сгорания ДВС.

**3. Основные характеристики ДВС**

Каждый двигатель имеет собственные постоянные величины, которые в процессе его работы не изменяются. Основными из них являются:

Расстояние, проходимое поршнем от ВМТ до НМТ, называется ходом поршня S, который равен удвоенному радиусу R кривошипа: S=2R.

Пространство над днищем поршня при нахождении его в ВМТ называется *камерой сгорания*; ее объем обозначается через Vс; пространство цилиндра между двумя мертвыми точками (НМТ и ВМТ) называется его рабочим объемом и обозначается Vh. Сумма объема камеры сгорания Vс и рабочего объема Vh составляет полный объем цилиндра Vа:

Vа=Vс+Vh.

Рабочий объем цилиндра (его измеряют в кубических сантиметрах или метрах):

где D - диаметр цилиндра.

Отношение полного объема цилиндра Va к объему камеры сгорания Vc называется степенью сжатия:

Степень сжатия является важным параметром двигателей внутреннего сгорания, т.к. сильно влияет на его экономичность и мощность.

Все перечисленные характеристики двигателя прорционально зависят от размера и объема камеры сгорания.

**4. Показатели, характеризующие работу двигателя**

Под *средним индикаторным давлением* Pi понимают такое условное постоянное давление, которое действуя на поршень в течение одного рабочего хода, совершает работу, равную индикаторной работе газов в цилиндре за рабочий цикл.

Согласно определению, среднее индикаторное давление - отношение индикаторной работы газов за цикл Li к единице рабочего объема цилиндра Vh, т.е.

Pi=Li/Vh.

*Индикаторной мощностью* Ni называют работу, совершаемую газами в цилиндрах двигателя в единицу времени. Индикаторная работа (Дж), совершаемая газами в одном цилиндре за один рабочий цикл Li=Pi·Vh.

Так как число рабочих циклов, совершаемых двигателем в секунду, равно 2n/T, то индикаторная мощность (кВт) одного цилиндра

Ni=(2/T) ·Pi·Vh·n·10-3,

где n - частота вращения коленчатого вала, 1/с,

T - тактность двигателя - число тактов за цикл,

*Эффективной мощностью* Ne называют мощность, снимаемую с коленчатого вала двигателя для получения полезной работы.

Эффективная мощность меньше индикаторной Ni на величину мощности механических потерь Nm, т.е. Ne=Ni-Nm.

Механические потери в двигателе оцениваются механическим КПД Nm, которое представляет собой отношение эффективной мощности к индикаторной, т.е.

Nm=Ne/Ni=(Ni-Nm) /Ni=1-Nm/Ni.

Для современных двигателей механический КПД составляет 0.72 - 0.9.

Зная величину механического КПД можно определить эффективную мощность

Ne= Nm·Ni.

Разность между средним индикаторным давлением Pi и средним давлением механических потерь Pm называют *средним эффективным давлением* Pe, т.е.

Pe=Pi-Pm.

Эффективная мощность двигателя Ne=(2/T)·Pe·Vh·n·i·10-3, откуда среднее эффективное давление Pe=103·Ne·T/(2Vh·ni) .

Относительное уменьшение индикаторной мощности Рi за счёт мощности механических потерь Рм оценивается механическое КПД, причём:

.

Эффективная топливная экономичность двигателя оценивается эффективным КПД ηе или удельным эффективным расходом топлива ge.

Эффективным КПД называется отношение количества теплоты Qе, преобразованной в эффективную работу We, ко всей подведённой теплоте Qo, т.е.

.

После преобразований полученного выражения окончательно:

Выразив эффективную мощность, получим связь между всеми КПД двигателя:

,

где ηt, ηо, ηм – соответственно термодинамический, относительный и механический КПД двигателя.

Для оценки эффективности использования рабочего объёма цилиндра применяют литровую мощность Рл (в кВт/л), представляющую собой отношение эффективной мощности Ре к рабочему объёму Vл (в л.).

Это уравнение показывает, что литровая мощность, определяющая степень форсирования двигателя, может быть увеличения при повышении среднего эффективного давления Ре, частоты вращения коленчатого вала.

1. **Анализ форм камер сгорания**

Цилиндр большого диаметра позволяет осуществить размещение клапанов с небольшими проходимыми сечениями, что способствует снижению гидравлических потерь и повышению коэффициента наполнения. Получившее в настоящее время широкое распространение короткоходные двигатели (двигатели, в которых отношение хода поршня к диаметру цилиндра меньше единицы) имеют сравнительно большой диаметр цилиндра. Это позволяет размещать в головках цилиндров клапаны большого диаметра при их верхнем расположении. Верхнее расположение клапанов и аэродинамическая форма впускных клапанов дают возможность снизить гидравлическое сопротивление, а следовательно, и увеличить коэффициент наполнения. Расположение поршневых колец определяет высоту головки поршня. Чем ближе верхнее кольцо к донышку поршня, тем меньше будет высота его головки, но зато условия работы кольца будут более тяжелые. Чем ближе кольцо к донышку поршня, тем выше его температура, а, следовательно, тем больше будет склонность к загоранию.

При конструировании форм камер сгорания обычно стремятся выбрать такую его схему, которая обеспечила бы наибольшую компактность камеры сгорания и возможность расположить свечу вблизи от центра (полусферическая). В то же время, иногда менее компактные камеры при обеспечении большей турбулизации заряда (плоскоовальная, клиновая и полуклиновая) обладают более высокими антидетонационными свойствами.

Для сравнения вариаций форм камер сгорания охарактеризуем процессы смесеобразования.

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.** Оно осуществляется в однополостных (неразделенных) камерах сгорания, имеющих малую глубину и большой диаметр, характеризуемый безразмерной величиной - отношением диаметра камеры сгорания к диаметру цилиндра: dк.с./D = 0,75…0,85. Такая камера сгорания располагается обычно в поршне, причем оси форсунки, камеры сгорания и цилиндра совпадают. 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.

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 ic = 360/20 = 18.

Величина проходного сечения сопловых отверстий fс 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 впускного каналов, а также экранированием впускного клапана или его седла (рис. 1, а-г).

Рис. 1 - Схемы, иллюстрирующие методы создания в процессе впуска вращательного движения заряда в цилиндре: а - тангенциальный впускной канал и эпюра изменения тангенциальной скорости заряда вдоль диаметра цилиндра; б - винтовой канал; в - клапан с экраном; г - экран на седле клапана; д - тангенциальные продувочные окна и эпюра изменения тангенциальной составляющей скорости, движения заряда вдоль диаметра цилиндра двухтактного дизеля

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.

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 ВМТ заряд из объема, расположенного над вытеснителем поршня, перетекает в камеру сгорания. Приведенный на рис. 2, а характер перетекания обусловлен взаимодействием сил вытеснения заряда, центробежных сил и сил трения.

Рис. 2 - 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

При соответствующем соотношении между силами заряд перетекает из надпоршневого пространства в камеру сгорания как бы послойно непосредственно у кромки камеры сгорания и движется вдоль ее стенки. Сложение скоростей вращательного движения заряда, созданного при впуске, и вытеснения заряда при сжатии вызывает движение заряда. Процесс перетекания связан с определенными потерями энергии вращательного движения, которые тем больше, чем больше исходная энергия вращательного движения заряда при впуске и меньше отношение dк.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 dк.с./D . Для рассматриваемого случая объемного смесеобразования ускорениe вращения заряда при вытеснении его в камеру сгорания невелико, так как диаметр камеры сгорания лишь незначительно меньше диаметра цилиндра.

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 wt, направленная по касательной к окружности камеры сгорания. Другие составляющие малы, и их влияние невелико. В пределах камеры сгорания величина wt растет от центра к периферии, т. е. заряд вращается «как твердое тело». Над вытеснителем поршня wt 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. 5 приведена взаимосвязь между максимальным значением тангенциальной скорости wt max движения заряда и коэффициентом наполнения ηv. Увеличение wt max вызывает уменьшение ηv, более интенсивное при больших диаметрах камеры сгорания.

При большом отношении dк.с./D, 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.

**Смесеобразование в разделенных камерах сгорания.** Разделенные камеры сгорания состоят из вспомогательной и основной полостей, соединенных горловиной. В настоящее время применяют в основном вихревые камеры сгорания и предкамеры. Наименование вспомогательной полости (камеры) здесь распространено на всю камеру сгорания. Принципиально различен для рассматриваемых камер сгорания характер движения заряда в дополнительной камере. В случае вихревой камеры сгорания ось соединительной горловины направлена по касательной к внутренней поверхности сферической или цилиндрической вихревой камеры сгорания. Поэтому в последней создается направленное вихревое движение заряда. Скорость перетекания заряда через горловину и близкая к ней максимальная скорость движения заряда в вихревой камере достигают 100-200 м/с в зависимости от относительной величины объема вихревой камеры сгорания (Vв.к / Vс) и относительной величины проходного сечения горловины (fг / Fп) (Fп- площадь поршня). Топливо впрыскивается через штифтовый распылитель в направлении.

Иногда для облегчения запуска применяют два сопловых отверстия, причем одно из них подает топливо в зону объема заряда с наибольшей температурой. Особенно велика доля топлива, подаваемого через это отверстие на пусковом режиме.

Движущимся зарядом топливо, поступающее из форсунки, отжимается к стенке вихревой камеры сгорания. Таким образом, и здесь имеют место элементы пристеночного смесеобразования. Нижнюю часть вихревой камеры нередко выполняют съемной теплоизолированной. Температура горловины вихревой камеры может доходить до 600- 650° С. Воздух, протекающий через нее, дополнительно нагревается, что способствует интенсивному смесеобразованию. Интенсификации смесеобразования способствует и то, что топливо приходит в соприкосновение с горячей съемной частью вихревой камеры сгорания. С ростом частоты вращения тепловой режим вихревой камеры сгорания и находящегося в ней заряда возрастает, что способствует ускорению смесеобразования и предпламенных реакций. Так как обычно объем Vв.к < (0,5 - 0,6) Vс , то в вихревой камере, куда подается вся порция топлива, на режимах больших нагрузок создается обогащенная смесь. Естественно, здесь невозможно полное сгорание топлива. В результате воспламенения давление в вихревой камере повышается. Горящий заряд начинает перетекать во вторую основную полость камеры сгорания, выполненную в виде фасонной выемки на поршне (рис. 3, а), где сосредоточена значительная часть еще не использованного для горения воздуха. При правильном выборе формы и расположения обеих полостей камеры сгорания и горловины в основной полости камеры сгорания происходит быстрое и достаточно полное догорание топлива.

Рис. 3 - Разделенные камеры сгорания: а - вихревая (на верхней проекции показано направление перетекания заряда из основной полости в вихревую камеру при сжатии, на нижней - из вихревой камеры в основную при расширении); б - вихревая и распылитель типа «Пннтакс» со вспомогательным пусковым распиливающим отверстием; в - предкамера; г - предкамера малого перепада давления дизеля MWM

Относительные объем и сечение горловины в случае предкамеры (рис. 3, в), как правило, меньше, чем у вихревой камеры сгорания. Малые fг / Fп вызывают повышенные потери на перетекание заряда между обеими полостями камеры сгорания. Имеются, однако, предкамеры малого перепада давлений (рис. 3, г), в которых Vп.к / Vc и fг / Fп близки к аналогичным значениям для вихревых камер сгорания, что вызвано стремлением уменьшить потери энергии на перетекание заряда и тем самым повысить экономичность предкамерного дизеля.

Направление осей отверстий, соединяющих цилиндр с предкамерой, таково, что при перетекании заряда на такте сжатия в последней создается беспорядочное движение заряда. Скорости перетекания достигают 300 м/с и более. Впрыскивание осуществляется навстречу потоку заряда, поступающему из цилиндра. При сжатии давление в цилиндре больше давления в предкамере. Интенсивная турбулизация заряда в предкамере способствует хорошему перемешиванию топлива с воздухом, интенсивному смесеобразованию. В результате быстрого, но неполного сгорания обогащенной смеси давление в предкамере резко возрастает. Начинается перетекание горящего заряда в основную полость камеры сгорания, где благодаря интенсивному перемешиванию топливо быстро и достаточно полно догорает даже при малых избытках воздуха (а = 1,15 - 1,2).

Как и в случае вихревой камеры сгорания, повышение температуры вспомогательной камеры и перетекающего в нее заряда, происходящее при увеличении частоты вращения и нагрузки, способствует интенсификации процесса смесеобразования и более быстрому воспламенению топлива. Несмотря на резкое повышение давления во вспомогательной камере сгорания (особенно при предкамерном смесеобразовании), увеличение давления над поршнем происходит сравнительно медленно в результате постепенного перетекания горящего заряда из вспомогательной камеры сгорания. Топливо догорает в основной полости большей частью уже после в. м. т., что не вызывает резкого повышения давления в полости над поршнем.

**Смесеобразование при наддуве.** При наддуве дизеля возрастает плотность, а нередко и температура заряда в цилиндре. Воспламенение ускоряется. Поэтому возникает необходимость существенного увеличения пробивной способности топливных струй. Для этого обычно увеличивают диаметр сопловых отверстий. Чтобы обеспечить высокие давления впрыскивания, одновременно увеличивают объемную скорость вытеснения топлива плунжером путем увеличения его диаметра и скорости. Сочетание элементов системы топливоподачи целесообразно подобрать так, чтобы продолжительность впрыскивания топлива при наддуве, когда требуется подача больших порций топлива, была не больше, чем на дизеле без наддува, а давления впрыскивания были бы даже выше. При этом создаются благоприятные условия для смесеобразования и тепловыделения.

В случае газотурбинного наддува плотность заряда в цилиндре увеличивается с ростом частоты вращения и нагрузки, а продолжительность периода задержки воспламенения по времени сокращается. Чтобы обеспечить требуемое проникновение топливных струй за период задержки воспламенения, топливоподающая аппаратура должна обеспечивать более резкое увеличение давлений впрыскивания с увеличением частоты вращения и нагрузки, чем на дизеле без наддува.

При наддуве вследствие увеличения плотности заряда может возрасти снос капель топлива вращающимся зарядом и увеличиться угол конуса струй. Скорость движения заряда не зависит в заметной степени от давления на впуске. Оптимальное значение скорости движения заряда при наддуве оказалось несколько меньшим, чем без наддува, в связи с отмеченным увеличением сноса и угла конуса струй.

**Выводы**

1. Проанализировав выражение эффективной мощности следует, что эффективная мощность двигателя может быть повышена в общем случае за счет:

а) увеличения рабочего объема цилиндра (увеличения линейных размеров диаметра цилиндра и хода поршня);

б) увеличения числа цилиндров;

в) увеличения частоты вращения коленчатого вала двигателя;

г) перехода с четырехтактного на двухтактный цикл;

д) повышения низшей теплоты сгорания топлива;

е) повышения плотности заряда и коэффициента наполнения (например, путем наддува, а также за счет улучшения организации газообмена, снижения сопротивлений на впуске и выпуске, применения инерционного наддува для увеличения дозарядки и т.д.);

ж) повышения индикаторного КПД (за счет совершенствования процесса сгорания и сокращения потерь теплоты топлива в процессах сжатия и расширения);

з) повышения механического КПД двигателя (например, за счет использования высококачественных масел, уменьшения соприкасающихся поверхностей, сокращения насосных потерь и т.д.).

2. В случае разделенных камер сгорания повышенными оказываются тепловые и газодинамические потери. Поэтому теплоиспользование в дизелях с разделенными камерами сгорания хуже. В то же время применение таких камер сгорания облегчает форсирование двигателя по частоте вращения. Это связано с интенсификацией смесеобразования и предпламенных реакций при увеличении п.

В дизелях с разделенными камерами сгорания продолжительность периода задержки воспламенения меньше и выраженная в градусах угла поворота коленчатого вала в меньшей степени растет при увеличении п. Это обеспечивает возможность достижения благоприятного тепловыделения при умеренных нагрузках на детали в широком диапазоне частот вращения. Дизели с разделенными камерами сгорания могут работать бездымно и с допустимой токсичностью отработавших газов при меньших избытках воздуха, чем дизели с однополостными камерами сгорания. Поэтому, несмотря на худшее теплоиспользование, эффективность их цикла обычно не уступает эффективности цикла дизелей с неразделенной камерой сгорания.

Снижение механических потерь можно достичь выбором однополостных камер сгорания вместо разделенных, в результате исключения практически потерь на перетекание заряда.

3. Наполнение цилиндров. При неизменной цикловой подаче топлива увеличение коэффициента наполнения ηv и плотности заряда перед впускными органами рк ведет к пропорциональному росту ά. Это сопровождается увеличением ηi и пропорциональным повышением рt. В случае изменения цикловой подачи топлива пропорционально росту произведения ηvрк неизменным останется ά. Если избежать существенного удлинения впрыскивания и нарушения оптимальных условий смесеобразования, то теплоиспользование не ухудшается и рt растет пропорционально ηvрк.

Для дизелей с однополостной камерой сгорания и большим числом сопловых отверстий увеличения коэффициента наполнения можно добиться, если использовать два впускных клапана на цилиндр и уменьшить отношение хода поршня к диаметру цилиндра (S/D). Оба эти мероприятия способствуют увеличению проходных сечений впускных клапанов. В дизелях с камерой в поршне и малым числом сопловых отверстий минимальное сечение системы впуска располагается нередко во впускном канале, а не в клапане. Последнее связано с необходимостью обеспечения высокой исходной скорости вращения заряда, зависящей от скорости воздуха в канале.

Поэтому увеличение проходного сечения в клапанах не приводит к заметному росту коэффициента наполнения. Следует также иметь в виду, что при уменьшении S/D в дизелях с камерами сгорания в поршне, имеющими малое dкс/D, заметно возрастает объем воздуха в надпоршневом зазоре, что неблагоприятно влияет на развитие тепловыделения.

4. Отношение хода поршня к диаметру цилиндра. Размеры двигателя, выраженные через диаметр цилиндра D и перемещение поршня S, зависят от номинальной частоты вращения пн. Из выражения средней скорости поршня сп = Sn/30 следует, что при увеличении частоты вращения, чтобы избежать роста средней скорости поршня, от которой зависят механические потери двигателя, его надежность и износостойкость, следует уменьшать ход поршня. При неизменном рабочем объеме цилиндра уменьшение хода поршня должно сопровождаться увеличением диаметра цилиндра. Это возможно, однако, лишь до определенных пределов, так как чрезмерное уменьшение отношения хода поршня к диаметру цилиндра (S/D) может привести к неблагоприятному изменению массовых и габаритных показателей двигателя, росту механических и термических нагрузок и ухудшению теплоиспользования. Опыт создания дизелей показывает, что в случае однополостных камер сгорания малого диаметра и разделенных камер сгорания наилучшие показатели обеспечиваются при S/D = 1,0 - 1,4. При меньших S/D ухудшается использование воздуха вследствие увеличения содержания его в «мертвых» зонах.

При большинстве однополостных камер сгорания не удается эффективно использовать возможности увеличения проходного сечения в клапанах при увеличении диаметра цилиндра, так как наполнение цилиндра ограничивается в основном величиной минимального сечения во впускном канале. В дизелях с однополостными камерами сгорания большого диаметра целесообразно применение S/D < 1. В карбюраторных двигателях применяются S/D = 0,85 - 1,05.

**Список использованной литературы**

1. «Двигатели внутреннего сгорания», А.С. Хачиян, К.А. Морозов и др.

2. «Расчет автомобильных и тракторных двигателей» А.И. Колчин, В.П. Демидов.

3. «Техническое моделирование и конструирование» под ред. В.В. Колотилова.