

**И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**  
**ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ**  
**СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»**

---

---

**Кафедра тракторов и автомобилей**

# **МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ**

## **ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ**

Для студентов специальностей  
1-74 02 01 – агрономия, 1-74 02 02 – селекция и семеноводство,  
1-74 02 01.01 – луговодство, 1-74 02 01.03 – товарная доработка и хранение растительного сырья

**Горки 2011**

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА  
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

ГЛАВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ, НАУКИ И КАДРОВ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ  
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ»

---

Кафедра тракторов и автомобилей

# МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

## ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Для студентов специальностей

1-74 02 01 – агрономия, 1-74 02 02 – селекция и семеноводство,  
1-74 02 01.01 – луговое хозяйство, 1-74 02 01.03 – товарная доработка и хранение  
растительного сырья

Горки 2011

Одобрено методической комиссией факультета механизации сельского хозяйства (протокол №).

Составили: А.Н. КАРТАШЕВИЧ, А.В. ГОРДЕЕНКО, О.В. ПОНТАЛЕВ, И.М. АСТАПЕНКО.

УДК 637.15: 658.562.012.12 (072)

**Общее устройство двигателей внутреннего сгорания:** Методические указания / Белорусская государственная сельскохозяйственная академия; Сост. А.Н. Карташевич, А.В. Гордеенко, О.В. Понталев, И.М. Астапенко. Горки, 2011. 22 с.

Представлена классификация, конструкция и рассмотрен принцип работы двигателей внутреннего сгорания.

Рисунков 6. Библиогр. 7.

ā Составление. А.Н. Карташевич, А.В. Гордеенко, О.В. Понталев, И.М. Астапенко 2011

ā Учреждение образования  
«Белорусская государственная  
сельскохозяйственная академия», 2011

**Цель работы:** изучение устройства и функционирование двигателей внутреннего сгорания.

**Приборы и оборудование:** макеты двигателей внутреннего сгорания, плакаты.

**Рабочее задание:**

1. Изучить назначение и классификацию ДВС;
2. Изучить принцип работы 2-х тактного двигателя внутреннего сгорания;
3. Изучить принцип работы 4-х тактного двигателя внутреннего сгорания;
3. По результатам рабочего задания составить отчет по лабораторной работе.

## ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

### 1. Классификация ДВС

В настоящее время, чтобы привести машину в движение, используются главным образом поршневые двигатели внутреннего сгорания. В этих двигателях горючее сгорает внутри цилиндров. Образующиеся при сгорании газы перемещают находящиеся в цилиндрах поршни, которые, двигаясь, заставляют вращаться связанный с ними через ряд сопряженных деталей коленчатый вал двигателя. Таким образом, тепловая энергия, образующаяся при сгорании горючего, превращается в механическую энергию вращения вала двигателя.

Двигатель внутреннего сгорания – это тепловая машина для преобразования термодинамической энергии сжигаемого топлива в механическую работу.

По виду применяемого топлива двигатели подразделяются на карбюраторные, дизельные и газовые.

Карбюраторные – это двигатели, работающие на жидком топливе (бензине), с принудительным зажиганием. Перед подачей в цилиндры двигателя, топливо перемешивается с воздухом в определенной пропорции с помощью карбюратора.

Дизельные – это двигатели, работающие на жидком топливе (дизельном топливе), с воспламенением от сжатия. Подача топлива осуществляется форсункой, а смешивание с воздухом происходит внутри цилиндра.

Газовые - это двигатели, которые работают на пропано - бутановом газе, с принудительным зажиганием. Перед подачей в цилиндры двигателя, газ смешивается с воздухом в карбюраторе. По принципу работы такие двигатели практически не отличаются от карбюраторных (бензиновых).

Современные двигатели внутреннего сгорания можно классифицировать по следующим основным признакам.

1. По месту процесса сгорания и преобразования теплоты в работу:

– двигатели внутреннего сгорания, в которых получение теплоты и преобразование ее в работу осуществляется во внутрицилиндровом объеме, т.е. над силовым элементом (все поршневые, газотурбинные и роторные двигатели);

– комбинированные – двигатели внутреннего сгорания с преобразованием теплоты в работу при расширении газа в цилиндре и продолженном его расширении в турбине (турбопоршневые двигатели, комбинированные двигатели с силовой турбиной).

2. По способу организации рабочего цикла:

– четырехтактные, у которых рабочий цикл осуществляется в цилиндре за четыре хода поршня, т.е. за два оборота коленчатого вала;

– двухтактные, у которых рабочий цикл осуществляется в цилиндре за два хода поршня, т.е. за один оборот коленчатого вала.

3. По способу действия:

– простого действия, у которых рабочий цикл осуществляется только в одной верхней полости цилиндра;

– двойного действия, у которых рабочий цикл совершается в двух плоскостях цилиндра – в верхней и нижней (в настоящее время не выпускаются);

– с противоположно движущимися поршнями, которые являются по существу двумя двухтактными дизелями простого действия с общей камерой сгорания.

4. По способу подвода теплоты:

– с подводом теплоты при почти постоянном объеме (по изохоре  $V=const$ ), в основном двигателях с низкой степенью сжатия и принудительным зажиганием топлива (карбюраторные и газовые);

– с подводом теплоты при почти постоянном давлении (по изобаре  $P=const$ ), двигатели с высокой степенью сжатия, воздушным распылением топлива и самовоспламенением (компрессорные дизели);

– со смешанным подводом теплоты по изохоре ( $V=const$ ) и затем по изобаре ( $P=const$ ) – все современные дизели с высокой степенью сжатия, механическим распылением топлива и самовоспламенением от сжатия.

5. По роду применяемого топлива:

– работающие на жидком топливе (бензин, лигроин, керосин, дизельное топливо, моторное, соляровое масло и т.д.);

– на газообразном топливе (сжиженный, сжатый, генераторный и др. газы);

– многоотопливные двигатели, приспособленные для работы на широком ассортименте топлив;

– двигатели, работающие на водородном топливе.

6. По способу наполнения цилиндра свежим зарядом:

- без наддува, у которого наполнение цилиндра обеспечивается перемещением поршня;
- с наддувом, у которого рабочая смесь (или воздух) полностью или частично подается в цилиндр под давлением, превышающим давление окружающей среды (свежий заряд перед поступлением в цилиндр предварительно сжимается в специальном компрессоре-нагнетателе).

7. По способу смесеобразования:

- двигатели с внутренним смесеобразованием, в которых горючая смесь образуется внутри цилиндра в процессе сжатия, после подачи в него топлива (дизели; двигатели с искровым зажиганием и впрыском топлива в цилиндр; газовые с подачей газа в цилиндр);
- с внешним смесеобразованием, рабочая смесь образуется вне цилиндра двигателя (карбюраторные, газовые и двигатели с впрыском топлива во впускной трубопровод);

8. По конфигурации камер сгорания (КС):

- с неразделенными однополостными КС;
- с полуразделенными КС (камера расположена в поршне);
- с разделенными КС (предкамерные и вихрекамерные двигатели).

9. По способу воспламенения топлива:

- с самовоспламенением топлива от сжатия свежего заряда (дизели);
- с принудительным зажиганием электрической искрой (карбюраторные, газовые и двигатели с впрыском легкого топлива);
- с комбинированным воспламенением (например, у газодизелей, у которых горючая смесь поджигается за счет самовоспламенения небольшого количества, 10-15%) жидкого распыленного запального топлива;
- с форкамерно-факельным зажиганием, когда смесь в специальной дополнительной камере сгорания воспламеняется искрой, а в основной камере от пламени из дополнительной камеры.

10. По конструктивному исполнению:

- нереверсивные, имеющие одно постоянное направление вращения;
- реверсивные, у которых перемена направления вращения осуществляется реверсивным механизмом.

11. По частоте вращения:

- малооборотные ( $100-350 \text{ мин}^{-1}$ );
- среднеоборотные ( $350-1500 \text{ мин}^{-1}$ );
- повышенной оборотности ( $1500-3000 \text{ мин}^{-1}$ );
- высокооборотные (выше  $3000 \text{ мин}^{-1}$ ).

12. По назначению: транспортные, специальные, автомобильные, тракторные и комбайновые.

## 2. Основные понятия и определения

В процессе работы двигателя поршни в его цилиндрах перемещаются вверх и вниз, при этом за каждый полный оборот коленчатого вала двигателя они совершают по одному ходу вверх и вниз.

Крайнее верхнее положение поршня в цилиндре (рис.2) называется верхней мертвой точкой (**ВМТ**).

Крайнее нижнее положение поршня в цилиндре называется нижней мертвой точкой (**НМТ**).

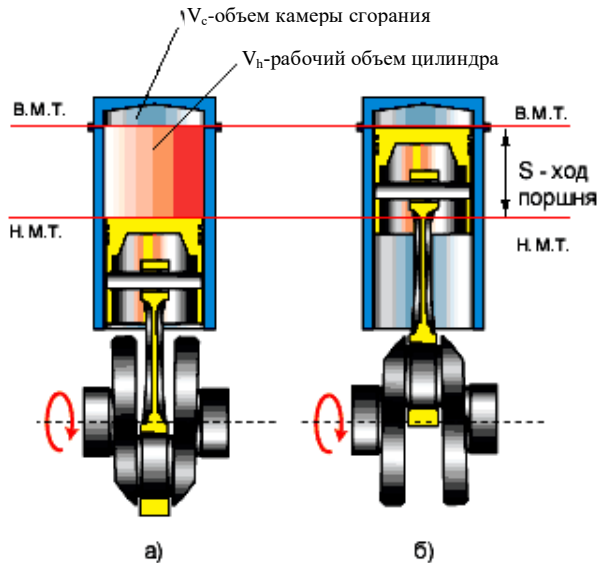


Рис. 1. Ход поршня и объемы цилиндра двигателя:

а) поршень в нижней мертвой точке;

б) поршень в верхней мертвой точке.

Периодически повторяющиеся в определенной последовательности процессы, происходящие в каждом цилиндре и вызывающие превращение тепловой энергии в механическую работу двигателя, называются **рабочим циклом двигателя**.

**Такт** – часть рабочего цикла, происходящая за время движения поршня от одной мертвой точки к другой, т.е. за один ход поршня.

Расстояние  $S$  между мертвыми точками называется ходом поршня. За один ход поршня (например, от **ВМТ** к **НМТ**) коленчатый вал поворачивается на пол-оборота ( $180^\circ$ ).

Объем полости над поршнем, находящимся в **ВМТ**, называется объемом камеры сгорания (камеры сжатия)  $V_c$ .

Пространство цилиндра между двумя мертвыми точками (**НМТ** и **ВМТ**) называют рабочим объемом и обозначают  $V_h$ , равное

$$V_h = \frac{\rho D^2 S}{4},$$

где  $D$  – диаметр поршня.

Сумма объема камеры сгорания  $V_c$  и рабочего объема  $V_h$  цилиндра представляет собой полный объем цилиндра  $V_a$

$$V_a = V_c + V_h.$$

Рабочий объем всех цилиндров, выраженный в литрах, называется литражом двигателя:

$$V_{\text{г}} = V_h i = \frac{\rho D^2 S i}{4},$$

где  $i$  – число цилиндров.

Рабочий объем двигателя, это сумма рабочих объемов всех цилиндров и измеряется он в литрах. В данном случае мы рассматриваем только одноцилиндровый двигатель, а вообще двигатели имеют, как правило, 4, 6, 8 и даже 12 цилиндров. Соответственно, чем больше рабочий объем - тем более мощным будет двигатель. Измеряется мощность в киловаттах или в лошадиных силах (кВт или л.с.).

**Степень сжатия** – отношение полного объема цилиндра к объему камеры сжатия:

$$e = \frac{V_a}{V_c} = \frac{V_c + V_h}{V_c}.$$

Она показывает, во сколько раз уменьшается объем рабочей смеси или воздуха, поступивших в цилиндр, при перемещении поршня от **НМТ** к **ВМТ**. Чем выше степень сжатия, тем больше давление и температура рабочей смеси в конце сжатия, т. е. в **ВМТ**. С увеличением степени сжатия повышается мощность и топливная экономичность двигателя. Однако повышение степени сжатия и в карбюраторных двигателях, и в дизелях возможно лишь до определенных пределов. Жидкие и газообразные топлива различных видов имеют разные температуры самовоспламенения, поэтому вид топлива, на котором работает двигатель, и его пусковые свойства определяют пределы степени сжатия. Двигатели, работающие на бензине с воспламенением от искры, имеют степень сжатия в пределах 7-9, на газе – 8-10, а дизели – 15-19.

Эффективность работы двигателя определяется следующими основными показателями: мощностью двигателя, крутящим моментом, числом оборотов коленчатого вала и удельным расходом горючего.

Рассмотрим сущность основных показателей работы двигателя.

Действуя на тело и вызывая его перемещение, сила совершает работу. Величина работы равняется произведению силы на путь, совершенный телом. Работа, производимая в одну секунду, называется мощностью и выражается в ваттах.

В автотракторных двигателях газы, образующиеся при сгорании рабочей смеси, перемещают поршни в цилиндрах, т. е. совершают работу, и в результате двигатель развивает определенную мощность. Мощность, развиваемая газами в цилиндрах, называется **индикаторной**. Мощность, развиваемая на коленчатом валу двигателя, называется **эффективной мощностью** двигателя. Эффективная мощность меньше индикаторной, так как часть индикаторной мощности затрачивается на преодоление потерь в двигателе – на трение между деталями и на привод вспомогательных механизмов двигателя.

Эффективная мощность двигателя зависит от числа оборотов коленчатого вала. Мощность двигателя возрастает с увеличением числа оборотов, но до определенных пределов. Последующее повышение числа оборотов коленчатого вала двигателя вызывает падение мощности, так как наполнение цилиндров свежей горючей смесью ухудшается, а потери на трение трущихся деталей двигателя возрастают. Поэтому при указании максимальной мощности двигателя одновременно указывается и число оборотов, соответствующее этой мощности.

Для автотракторных двигателей желательно при наименьшем литраже получить наибольшую мощность. Для сравнения различных конструкций двигателей берут их литровую мощность, т. е. количество лошадиных сил, приходящееся на 1 л рабочего объема цилиндров.

Если сила, приложенная к какому-нибудь телу, заставляет его вращаться, то усилие, с которым тело вращается, зависит от величины действующей силы и расстояния (плеча) от центра вращения до точки приложения силы. Произведение силы (в ньютонах) на плечо (в метрах) называется крутящим моментом и выражается в ньютонметрах (Н·м). При работе двигателя на его коленчатом валу развивается определенной величины крутящий момент, который через ряд механизмов передается на ведущие колеса или звездочки и приводит в движение машину.

Крутящий момент зависит также от числа оборотов коленчатого вала: с возрастанием числа оборотов крутящий момент сначала увеличивается, достигая максимального значения, а затем плавно уменьшается. Крутящий момент, как правило, достигает максимальной величины при значительно меньшем числе оборотов коленчатого вала, чем максимальное значение мощности двигателя.

В характеристике двигателя указывается не только максимальный крутящий момент двигателя, но и соответствующие ему обороты коленчатого ва-

ла. Удельный расход топлива ( $g_e$ ) выражается количеством, граммов расходуемого горючего в час на единицу мощности двигателя. Величина удельного расхода топлива характеризует экономичность работы двигателя. У дизелей он не превышает 260 г/кВтж, а у карбюраторных двигателей – 320 г/кВтж.

Удельный расход топлива увеличивается, если двигатель работает с недогрузкой, т. е. не использует всей своей эффективной мощности. Для повышения экономичности нужно загружать двигатель до мощности, близкой к номинальной.

Номинальные показатели работы конкретной марки дизеля приводятся предприятием-изготовителем в техническом описании и инструкции по эксплуатации (приложение 1).

**Эффективный коэффициент полезного действия** – отношение количества теплоты, превращенной в механическую работу, к количеству теплоты, содержащейся в топливе. У дизелей этот коэффициент находится в пределах 32-40%, а у карбюраторных двигателей – 24-28%. Остальная теплота отводится системой охлаждения (20-30%) и отработавшими газами (25-35%).

**Механический коэффициент полезного действия** – отношение эффективной мощности к индикаторной. Он составляет 80-90% и зависит от качества обработки деталей, правильности сборки двигателя и смазывания трущихся поверхностей. Чем меньше изношен и лучше отрегулирован двигатель, тем меньше потери энергии на трение и привод вспомогательных механизмов, тем больше его эффективная мощность и экономичность.

Совершенство конструкции двигателя оценивают по его литровой мощности и удельной массе.

Литровая мощность характеризует эффективность использования рабочего объема цилиндров двигателя и определяется отношением номинальной мощности двигателя к рабочему объему цилиндров (кВт/л). Чем больше литровая мощность двигателя, тем меньше его габариты и масса. Литровая мощность современных дизелей без турбонаддува составляет 8-13, а с турбонаддувом - 12-20 кВт/л. Удельная масса двигателя характеризует расход металла на единицу мощности, т. е. это отношение массы незаправленного двигателя к его номинальной мощности (кг/кВт). Это показатель зависит от типа двигателя, его назначения, конструктивной схемы, качества материалов и технологии изготовления. Удельная масса тракторных дизельных двигателей без турбонаддува составляет 7-15, а с турбонаддувом - 4-8 кг/кВт.

### 3. Рабочие циклы двигателей внутреннего сгорания

#### 3.1. Двухтактный искровой ДВС

Существует два основных типа двигателей: двухтактные и четырехтактные. В двухтактных двигателях все рабочие циклы (процессы впуска топливной смеси, выпуска отработанных газов, продувки) происходят в течении одного оборота коленчатого вала за два основных такта. У двигателей такого типа отсутствуют клапаны (как у четырехтактных ДВС), их роль выполняет поршень, который при своем перемещении закрывает впускные, выпускные и продувочные окна. Поэтому они более просты в конструкции.

**Такт сжатия.** Поршень перемещается от НМТ к ВМТ (рис. 2), при этом перекрывая сначала продувочное 2, а затем выпускное 3 окна. После закрытия поршнем выпускного окна в цилиндре начинается сжатие ранее поступившей в него горючей смеси. Одновременно, движущийся вверх поршень после перекрытия продувочного окна 2 создаёт разрежение в кривошипной камере 1. Под действием этого разрежения открывается клапан впускного коллектора, и свежая порция топливовоздушной смеси засасывается в кривошипную камеру.

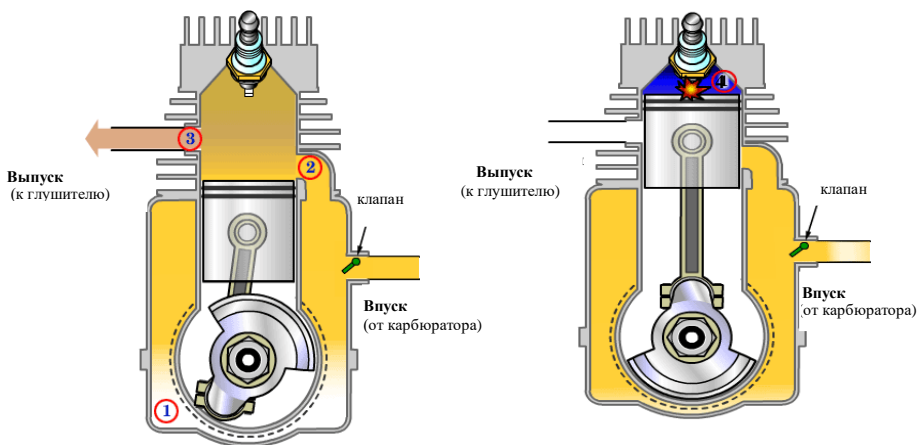


Рис. 2. Схема работы двигателя при движении поршня от НМТ к ВМТ и рабочий ход.

**Такт рабочего хода.** При положении поршня около ВМТ сжатая рабочая смесь (4 на рис. 3) воспламеняется электрической искрой от свечи, в результате чего температура и давление газов резко возрастают

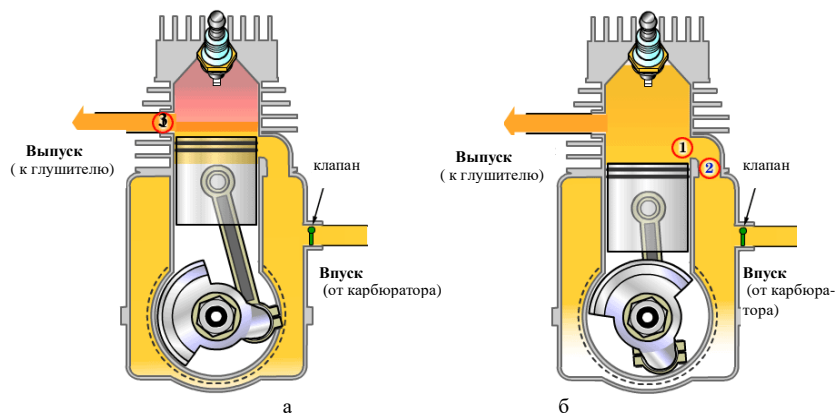


Рис. 3. Схема работы двигателя при движении поршня от ВМТ к НМТ.

Под действием теплового расширения газов поршень перемещается к НМТ, при этом расширяющиеся газы совершают полезную работу. Одновременно, опускаясь вниз, поршень создает высокое давление в кривошипной камере (сжимая в ней топливовоздушную смесь). Под действием давления клапан закрывается, не давая, таким образом, горючей смеси снова попасть во впускной коллектор и затем в карбюратор.

Когда поршень дойдет до выпускного окна (3 на рис. 3, а), оно открывается и начнется выпуск отработавших газов в атмосферу, давление в цилиндре понижается.

При дальнейшем перемещении поршень открывает продувочное окно (2 на рис. 3, б) и сжатая в кривошипной камере 1 горючая смесь поступает по каналу заполняя цилиндр, в результате чего происходит продувка цилиндра от остаточных газов и одновременно осуществляется наполнение его свежей горючей смесью. При этом горючая смесь частично выходит вместе с отработавшими газами, что ухудшает их топливную экономичность. Таким образом, за два хода поршня (два такта) совершается полный рабочий цикл.

#### **К основным преимуществам двухтактных двигателей относят:**

- отсутствие громоздких систем смазки и газораспределения у бензиновых вариантов;
- большая мощность в пересчёте на 1 литр рабочего объёма;
- проще и дешевле в изготовлении.

### *3.2. Дизельный четырехтактный ДВС*

**Впуск** (первый такт, рис. 4, а). Поршень перемещается вниз и, действуя подобно насосу, создает разрежение в цилиндре. Через открытый впускной

клапан в цилиндр поступает чистый воздух под влиянием разности давлений. Выпускной клапан закрыт. В конце такта закрывается и впускной клапан. В конце такта впуска давление в цилиндре в среднем составляет 0,08- 0,095 МПа, а температура – 30- 50°С.

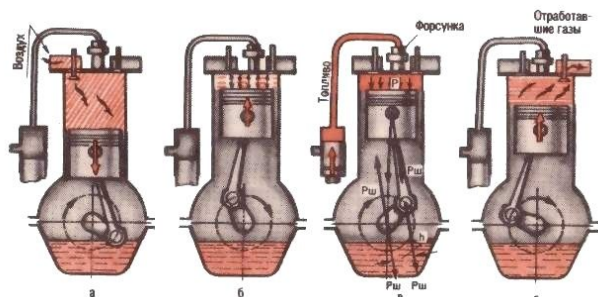


Рис. 4. Схема работы четырехтактного одноцилиндрового двигателя:  
а – впуск; б – сжатие; в – рабочий ход; г – выпуск.

**Сжатие** (второй такт, рис. 4, б). Поршень, продолжая движение, перемещается вверх. Поскольку оба клапана закрыты, поршень сжимает воздух. Температура воздуха при сжатии растет. Благодаря высокой степени сжатия давление в цилиндре повышается до 4 МПа, а воздух нагревается до температуры 600°С. В конце такта сжатия через форсунку в цилиндр впрыскивается порция дизельного топлива в мелкораспыленном состоянии.

**Рабочий ход или расширение** (третий такт, рис. 4, в). Мелкие части топлива, соприкасаясь с нагретым сжатым воздухом, самовоспламеняются. Впрыскивание топлива через форсунку и его горение продолжают некоторое время после того, как поршень пройдет в. м. т. Благодаря задержке самовоспламенения топливо в основном сгорает во время этого такта. Оба клапана при рабочем ходе закрыты. Температура газов при сгорании достигает 2000°С, давление повышается до 8 МПа. Под большим давлением расширяющиеся газы поршень перемещают вниз и передают воспринимаемое им усилие через шатун на коленчатый вал, заставляя его вращаться.

**Выпуск** (четвертый такт, рис. 4, г). Поршень перемещается вверх, а выпускной клапан открывается. Отработавшие газы сначала под действием избыточного давления, а затем поршня удаляются из цилиндра. После прохода поршнем в. м. т. выпускной клапан закрывается, а впускной открывается. Рабочий цикл повторяется.

### 3.3. Карбюраторный четырехтактный ДВС

В отличие от дизеля у карбюраторного двигателя воздух и топливо поступают в цилиндр одновременно в виде горючей смеси, приготовленной кар-

бюратором (рис. 5). Горючая смесь воспламеняется от искровой свечи зажигания, установленной в головке цилиндра.

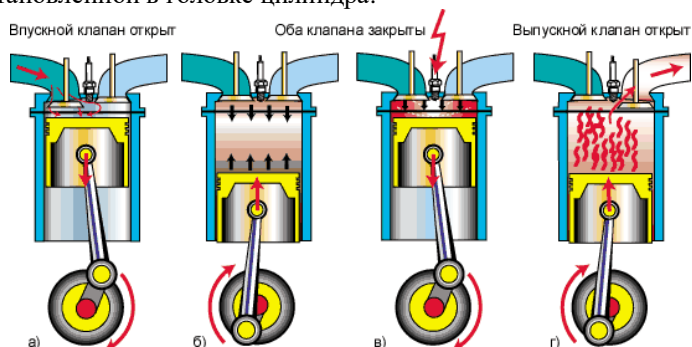


Рис. 5. Схема работы четырехтактного одноцилиндрового двигателя:  
а – впуск; б – сжатие; в – рабочий ход; г – выпуск.

Рабочий цикл четырехтактного карбюраторного двигателя протекает следующим образом.

**Впуск.** Поршень перемещается вниз. Впускной клапан открыт. Вследствие разрежения внутрь цилиндра через впускной канал поступает горючая смесь, которая перемешивается с остаточными газами, в результате чего образуется рабочая смесь.

**Сжатие.** Поршень движется вверх. Впускной и выпускной клапаны закрыты.

Объем над поршнем уменьшается, и рабочая смесь сжимается, благодаря чему улучшаются испарение и перемешивание паров бензина с воздухом. К концу такта давление достигает 1,0-1,2 МПа, а температура – 350-400°С.

**Рабочий ход или сгорание и расширение.** Оба клапана закрыты. В конце такта сжатия рабочая смесь воспламеняется от искры.

Поршень под действием давления расширяющихся газов перемещается от в.м.т. к н.м.т. Давление газов достигает 2,5-4,0 МПа, а температура доходит до 2300°С.

**Выпуск.** Поршень движется вверх. Открыт выпускной клапан. Отработавшие газы выходят через выпускной канал наружу.

**К основным преимуществам четырёхтактных двигателей относят:**

- большой моторесурс;
- большая экономичность;
- более чистый выхлоп отработавших газов;
- не требуется сложная выхлопная система;
- меньший шум;
- не нужно предварительно смешивать масло с бензином.

### 3.4. Особенности работы ДВС с турбокомпрессором

В бескомпрессорных дизельных двигателях цилиндры заполняются воздухом всего на 70-80%. Это объясняется следующими причинами:

до начала заполнения цилиндра часть его объема занимают оставшиеся продукты сгорания;

всасываемый в цилиндр воздух нагревается, что обуславливает уменьшение его плотности;

впускная система обладает значительным сопротивлением, зависящим от конструкции и технического состояния механизма газораспределения, воздухоочистителя и впускного коллектора.

Смысл наддува двигателя внутреннего сгорания (ДВС) – улучшить наполнение цилиндров двигателя топливо-воздушной смесью для повышения среднего эффективного давления цикла и, как следствие, мощности двигателя путем принудительного увеличения заряда воздуха, поступающего в цилиндры.

При турбонаддуве в качестве привода используется отработавший газ, который в обычном случае просто выбрасывается в атмосферу, без утилизации его энергии на совершение полезной работы. При работе двигателя с турбонаддувом выхлопные газы подаются в турбину (рис. 6), где отдают часть своей энергии, раскручивая ротор турбокомпрессора, и затем поступают через приемную трубу в глушитель.

На одном валу с лопаточным колесом турбины находится колесо компрессора, который засасывает воздух из воздушного фильтра, повышает его давление на 30-80% (в зависимости от степени наддува) и подает в двигатель. В один и тот же объем (литраж) двигателя поступает большее по весу количество воздуха, что позволяет сжигать больше топлива и получить в результате большую (на 40% и более) мощность двигателя, а за счет использования энергии выхлопных газов повышается КПД двигателя и снижается удельный расход топлива на 5-20%.

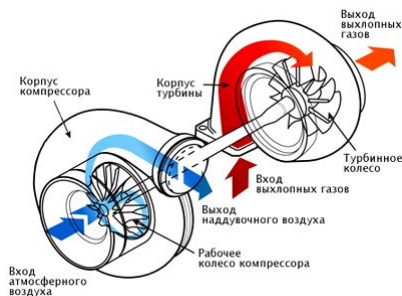


Рис. 6. Схема работы турбокомпрессора ДВС.

### *3.5. Сравнительная оценка ДВС*

Дизельные двигатели по сравнению с карбюраторными более экономичны. Вследствие высокой степени сжатия в них расходуется топлива (на единицу произведенной работы) меньше на 25%. Дизели работают на тяжелых сортах топлива, которое менее опасно в пожарном отношении. Однако им свойственны и некоторые недостатки: они более массивны, поскольку высокое давление газов в цилиндре требует увеличения прочности деталей; у них большие жесткость и шумность работы; их труднее пускать, особенно в зимнее время. Эксплуатационной практикой ДВС доказана целесообразность использования на тракторах дизельных двигателей в качестве основных.

Сравнение четырех- и двухтактных двигателей показывает, что при одинаковых размерах цилиндра и при той же частоте вращения коленчатого вала мощность двухтактного двигателя значительно больше. И хотя рабочих ходов поршня за цикл у двухтактного двигателя больше в два раза, мощность выше только в 1,6-1,7 раза. В данном случае мощность теряется вследствие неиспользования части рабочего объема, ухудшения очистки и наполнения цилиндра.

К преимуществам двухтактных двигателей следует еще отнести большую равномерность крутящего момента, так как рабочий цикл осуществляется за каждый оборот коленчатого вала; конструктивно они проще четырехтактных равной мощности, имеют меньшую массу и габариты.

Двухтактные двигатели по сравнению с четырехтактными имеют следующие недостатки: большой расход топлива, так как часть свежего заряда теряется во время продувки цилиндра; меньший межремонтный срок, что объясняется большей тепловой напряженностью и тем, что в двухтактных двигателях труднее обеспечить качественную смазку деталей (для двигателей такого типа смазкой и топливом служит смесь, состоящая из 15-22 частей (по объему) бензина и одной части масла).

Двухтактные двигатели с кривошипно-камерной продувкой применяют там, где при меньшей долговечности и экономичности целесообразно иметь легкий, мощный, простой и дешевый двигатель. Поэтому их используют в качестве пусковых.

## **4. Многоцилиндровые двигатели**

Детали одноцилиндрового двигателя работают под большими нагрузками, вызываемыми давлением газов в цилиндре, и инерционными и центробежными силами, возникающими при движении деталей. В связи с тем, что величина давления газов значительно меняется даже в течение одного хода поршня, на детали двигателя действуют переменные нагрузки, что является

основной причиной неравномерности работы одноцилиндровых двигателей, т.е. коленчатый вал одноцилиндрового двигателя вращается неравномерно: при рабочем ходе – ускоренно, а при вспомогательных тактах – замедленно. Кроме того, одноцилиндровый двигатель обычно имеет небольшую мощность и повышенную вибрацию. Для достижения равномерности работы двигателя или устанавливают на коленчатом валу тяжелый маховик, или используют многоцилиндровый двигатель.

Маховик накапливает энергию во время рабочего хода и отдает ее при совершении вспомогательных тактов. Но тяжелый маховик применяется только для стационарных двигателей, работающих, как правило, на постоянном режиме. Тяжелый маховик вследствие значительной инерции не обеспечивает необходимой автотракторному двигателю приемистости, т. е. способности двигателя быстро развивать и уменьшать обороты. Поэтому в автотракторных двигателях равномерность работы достигается не увеличением веса маховика, а за счет объединения в одном блоке несколько цилиндров, т. е. создавая многоцилиндровые двигатели. В многоцилиндровом двигателе такты рабочего хода равномерно чередуются в отдельных цилиндрах, вследствие чего в значительной мере уравниваются силы инерции, возникающие в кривошипно-шатунном механизме при работе двигателя.

Многоцилиндровые двигатели выпускают с различным (обычно четным) числом цилиндров – от двух до шестнадцати.

Расположение цилиндров может быть однорядным и двухрядным (как правило, V-образным). V-образное расположение цилиндров при том же объеме позволяет уменьшить длину двигателя по сравнению с рядным расположением цилиндров, а следовательно, удобнее установить место водителя и органы управления.

Для обеспечения наибольшей равномерности работы многоцилиндрового двигателя необходимо, чтобы такты рабочего хода в различных цилиндрах чередовались через равные промежутки времени и в определенной последовательности. Эта последовательность повторения одноименных тактов в различных цилиндрах называется порядком работы цилиндров двигателя.

Однако не при любом порядке обеспечивается хорошая работа двигателя. Необходимо, чтобы очередные такты рабочего хода следовали в цилиндрах, наиболее удаленных один от другого. В этом случае нагрузка на коренные подшипники коленчатого вала будет распределяться более равномерно; кроме того, отработавшие газы из цилиндра, в котором начинается выпуск, не будут попадать через выпускной трубопровод в цилиндр, в котором выпуск еще не закончился.

Наиболее удобными порядками работы автомобильных двигателей являются: для четырехцилиндрового – 1-2-4-3 и 1-3-4-2, для шестицилиндрового – 1-5-3-6-2-4.

Рассмотрим, как происходит работа четырехтактного четырехцилиндрового двигателя с порядком работы цилиндров 1-2-4-3.

Так как рабочий цикл четырехтактного двигателя совершается за два оборота коленчатого вала ( $720^\circ$ ), а число рабочих ходов, происходящих за это время, равно четырем, то для правильного чередования рабочих ходов кривошипы коленчатого вала смещены один относительно другого на  $180^\circ$  ( $720^\circ: 4$ ), т. е. на пол-оборота коленчатого вала, и находятся, таким образом, в одной плоскости.

Во время работы двигателя поршни в первом и четвертом цилиндрах при первом полуобороте первого оборота коленчатого вала перемещаются от верхней мертвой точки к нижней, в первом цилиндре происходит рабочий ход, в четвертом цилиндре такт впуска. Во втором и третьем цилиндрах поршни перемещаются в это время к верхней мертвой точке – во втором цилиндре происходит такт сжатия, а в третьем такт выпуска.

Во время второго полуоборота первого оборота коленчатого вала поршни в первом и четвертом цилиндрах перемещаются от нижней мертвой точки к верхней – в первом цилиндре происходит такт выпуска, а в четвертом такт сжатия. Поршни второго и третьего цилиндров в это время перемещаются от верхней мертвой точки к нижней во втором цилиндре происходит рабочий ход, в третьем такт впуска.

Во время первого полуоборота второго оборота коленчатого вала поршни в первом и четвертом цилиндрах перемещаются от верхней мертвой точки к нижней – в первом цилиндре происходит такт впуска, в четвертом – рабочий ход. Поршни второго и третьего цилиндров в это время перемещаются от нижней мертвой точки к верхней во втором цилиндре происходит такт выпуска, в третьем такт сжатия.

Во время второго полуоборота второго оборота коленчатого вала поршни в первом и четвертом цилиндрах перемещаются от нижней мертвой точки к верхней – в первом цилиндре происходит такт сжатия, в четвертом такт выпуска. Поршни во втором и в третьем цилиндрах перемещаются от верхней мертвой точки к нижней – во втором цилиндре происходит такт впуска, в третьем рабочий ход.

Порядок работы цилиндров обычно изображается в виде таблицы чередования тактов (табл. 1).

Четырехцилиндровый четырехтактный двигатель с порядком работы цилиндров 1-3-4-2 отличается от двигателя с порядком работы 1-2-4-3 лишь конструкцией распределительного механизма, которая определяет несколько иную последовательность открытия и закрытия клапанов и чередования тактов.

Оба порядка работы цилиндров, принятые для отечественных четырехтактных четырехцилиндровых двигателей, полностью равноценны и по равномерности и по качеству работы двигателей.

**Таблица.1.** Порядок работы четырехцилиндрового ДВС

Полуоборот коленчатого вала	Углы поворота коленчатого вала, град.	Цилиндр			
		1	2	3	4
Первый	0..180	Рабочий ход	Выпуск	Сжатие	Впуск
Второй	180...360	Выпуск	Впуск	Рабочий ход	Сжатие
Третий	360...540	Впуск	Сжатие	Выпуск	Рабочий ход
Четвертый	540...720	Сжатие	Рабочий ход	Впуск	Выпуск

На отечественных автомобилях широко используются шестицилиндровые двигатели, у которых цилиндры расположены в один ряд. Такие двигатели называются однорядными в отличие от двигателей, цилиндры которых расположены в два ряда под некоторым углом один к другому.

В шестицилиндровом однорядном двигателе коленчатый вал имеет шесть кривошипов. Так как рабочий цикл четырехтактного двигателя совершается за два оборота коленчатого вала ( $720^\circ$ ), а количество рабочих ходов за это время равно шести, то для правильного чередования рабочих ходов кривошипы коленчатого вала смещены один относительно другого на  $120^\circ$  ( $720^\circ: 6$ ), т. е. на одну треть оборота вала.

Для однорядных шестицилиндровых двигателей применяется следующее расположение кривошипов: 1-6 – вверх, 2-5 – налево, 3-4 – направо, если смотреть со стороны переднего конца вала.

При вращении коленчатого вала поршни в шестицилиндровом двигателе проходят через мертвые точки не все одновременно, как в четырехцилиндровом двигателе, а только попарно. Поэтому и такты во всех цилиндрах начинаются и кончаются также не одновременно, а смещены в одной паре цилиндров относительно друг друга на  $60^\circ$ .

Особенностью двухтактных дизелей является то, что их рабочий цикл совершается за один оборот коленчатого вала ( $360^\circ$ ). Поэтому и взаимное расположение кривошипов коленчатых валов имеет свои особенности: в четырехцилиндровом двигателе кривошипы смещены один относительно другого на  $90^\circ$  ( $360^\circ: 4$ ), в шестицилиндровом – на  $60^\circ$  ( $360^\circ: 6$ ).

В многоцилиндровых двигателях вследствие непрерывного чередования рабочих ходов и перекрытия их одного другим обеспечивается более плавное

и равномерное вращение коленчатого вала. Многоцилиндровые двигатели работают более устойчиво, без толчков и сотрясений, присущих одноцилиндровым двигателям.

### **Контрольные вопросы**

1. Из каких механизмов и систем состоит двигатель внутреннего сгорания, каково их назначение?
2. Как классифицируются двигатели внутреннего сгорания?
3. В чем принципиальные различия в процессе работы четырехтактных дизельного и карбюраторного двигателя?
4. Как протекает рабочий процесс в двухтактном двигателе?
5. Какие преимущества имеет двигатель с турбонаддувом по сравнению с бескомпрессорным двигателем?
6. Какими основными показателями характеризуется эффективность ДВС?

### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Гуревич А.М., Болотов А.К., Судницын В. И. Конструкция тракторов и автомобилей. – М.: Агропромиздат, 1989. – 368 с.
2. Белоконь А.Е., Окоча А.И., Кохановский С.П., Антоненко А.Ф. Тракторы. – К.: Урожай, 1989. – 384 с.
3. Акимов А.П., Лиханов В.А. Справочная книга тракториста-машиниста. Категории В, Д. - М.: Колос, 1994. – 352 с.
4. Семенов В.М., Власенко В.Н. Трактор. – М.: Агропромиздат, 1989. – 352 с.
5. Гельман Б.М., Москвин М.В. Сельскохозяйственные тракторы и автомобили. Кн.1. Двигатели. – М.: Агропромиздат, 1987. – 287 с.
6. Ксенович И.П. Тракторы МТЗ-100 и МТЗ-102. – М.: Агропромиздат, 1986. – 256 с.
7. Родичев В.А., Родичева Г.И. Тракторы и автомобили. - М.: Колос, 1996. – 336 с.

Учебно-методическое издание

**Анатолий Николаевич Карташевич  
Андрей Васильевич Гордеенко  
Олег Владимирович Понталев  
Игорь Михайлович Астапенко**

**ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ**

Методические указания к лабораторной работе  
по дисциплине «Механизация процессов в земледелии»

Редактор-корректор Е.О. Бурхан  
Техн. редактор Н.К. Шапрунова

ЛИ №348 от 09.06.2004. Подписано в печать 06.12.2007.

Формат 60 × 84  $\frac{1}{16}$ . Бумага для множительных аппаратов.

Печать ризографическая. Гарнитура «Таймс».

Усл. печ. л. 0,70. Уч.-изд. л. 0,55.

Тираж 150 экз. Заказ . Цена 660 руб.

---

Редакционно-издательский отдел БГСХА  
213407, г. Горки Могилевской обл., ул. Студенческая, 2  
Отпечатано в отделе издания учебно-методической литературы и ризографии БГСХА  
г. Горки, ул. Мичурина, 5