

В. И. НЕРСЕСЯН

# ДВИГАТЕЛИ ТРАКТОРОВ

*Допущено*

*Экспертным советом по профессиональному образованию  
в качестве учебного пособия для использования  
в учебном процессе образовательных учреждений, реализующих программы  
начального профессионального образования*



Москва  
Издательский центр «Академия»  
2009

УДК 631.372(075.32)  
ББК 40.721я722  
Н545

Автор —  
Заслуженный учитель РСФСР, канд. пед. наук *В. И. Нерсесян*

Рецензенты:  
преподаватель технических дисциплин ФГОУ СПО «Коломенский аграрный колледж» *В. М. Сергеев*;  
старший научный сотрудник НИЦ «Гостехнадзор» ФГНУ «Росинформагротех»  
*Г. Н. Тяпков*

### **Нерсесян В. И.**

Н545 Двигатели тракторов : учеб. пособие для нач. проф. образования / В. И. Нерсесян. — М. : Издательский центр «Академия», 2009. — 272 с.  
ISBN 978-5-7695-4743-0

Рассмотрены устройство и работа тракторных двигателей, важнейшие условия эффективной и безопасной эксплуатации, перспективные конструкции механизмов и систем двигателей внутреннего сгорания. Приведены сведения об электронной системе управления двигателем, влиянии конструкции и условий эксплуатации на экологическую безопасность двигателей.

Для учащихся учреждений начального профессионального образования.

УДК 631.372(075.32)  
ББК 40.721я722

*Оригинал-макет данного издания является собственностью Издательского центра «Академия», и его воспроизведение любым способом без согласия правообладателя запрещается*

ISBN 978-5-7695-4743-0

© Нерсесян В. И., 2009  
© Образовательно-издательский центр «Академия», 2009  
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2009

# ПРЕДИСЛОВИЕ

Тракторы и автомобили, самолеты и суда, локомотивы и ракеты приводятся в действие двигателями. Их конструкции и принципы действия весьма разнообразны, а количество транспортных средств, снабженных автономными двигателями, сравнимо с населением планеты. В конструкциях двигателей их создатели всегда старались использовать новейшие достижения науки и техники. Уровень развития двигателестроения — важнейший показатель технических возможностей государства.

Данное учебное пособие поможет вам узнать, как устроены и работают двигатели, каковы условия их надежной и эффективной работы.

Профессиональное мастерство зависит от умения самостоятельно работать. Задания для самостоятельной работы подобраны так, чтобы в процессе их выполнения вы учились самостоятельно добывать знания. В конце каждой главы приведены источники дополнительной информации.

Чтобы облегчить изучение курса, рекомендуется осваивать материал «шаг за шагом», выясняя назначение каждой детали.

Для облегчения понимания текста приведено подробное описание значений сложных технических терминов.

Автор благодарит за помощь инженера корпорации John Deere В. К. Грицыка, преподавателей колледжа Rycotewood College (Великобритания) Лена Формана и Эвелина Пирса, начальника Главного управления по надзору за техническим состоянием самоходных машин и других видов техники В. А. Васенина.

Особую благодарность автор выражает преподавателю Московского областного сельскохозяйственного колледжа Ф. В. Бубич за существенную помощь в подготовке подразд. 3.2.

## ВВЕДЕНИЕ

В нашей стране ежегодно производят около 20 тыс. новых тракторов (что составляет только 10 % общей потребности), еще 30 тыс. тракторов импортируют (покупают за рубежом). В России тракторы производят в основном на шести тракторных заводах: Владимирском, Липецком, Волгоградском, Челябинском, Алтайском и Санкт-Петербургском. Из стран СНГ импортируют в основном тракторы Минского и Харьковского тракторных заводов. В последние годы все большее распространение получают тракторы известных зарубежных марок: John Deere, Fend, New Holland, Caterpillar, Kamatsu, Valtra и др.

Обычно производители оснащают тракторы двигателями собственных разработок или двигателями от признанных лидеров двигателестроения. Так, на тракторах «Кировец» производства Санкт-Петербургского тракторного завода могут быть установлены двигатели Ярославского моторного завода (ЯМЗ), Камского автомобильного завода (КамАЗ) или немецких фирм Deutz и Mercedes. Для отечественных тракторов и комбайнов используют также двигатели Алтайского моторного завода.

Конструкции тракторных двигателей постоянно совершенствуют. Современные двигатели оснащены электронными системами управления, повышающими их эффективность и экологическую безопасность.

Изучить все многообразие существующих двигателей практически невозможно. Знание общих принципов работы двигателей является тем ключом, с помощью которого можно изучить и освоить новые конструкции.

# ОСНОВЫ РАБОТЫ И УСТРОЙСТВА ДВИГАТЕЛЕЙ

## 1.1. Тепловые двигатели — основной источник энергии привода тракторов

**Ключевые слова:** • трактор • двигатель • цикл Карно • тепловая машина

Слово «трактор» (от *лат.* traho — тащу) можно перевести на русский язык как «тягач». Современные тракторы способны не только тянуть машины, но и приводить в действие их рабочие органы. Важнейшей частью трактора, которая предопределяет его возможности, является *двигатель*. Давайте ознакомимся с некоторыми сведениями из истории создания двигателей. Обратите внимание на то, что актуальные проекты зарождались и реализовывались одновременно в разных странах. Конструкции двигателей шаг за шагом совершенствовались, причем старые идеи часто благодаря новым технологиям становились передовыми.

### Как развивалось двигателестроение?

Последовательность событий и дат дает некоторое представление о том, как это происходило.

**1690 г.** — французский физик Дени Папен и английский механик Том Севери спроектировали, а кузнец Томас Ньюкомен в Англии построил пароатмосферную машину прерывистого действия.

**1763 г.** — русский теплотехник Иван Ползунов разработал проект паровой машины непрерывного действия и через два года построил ее.

**1769 г.** — французский инженер Николаус Жозеф Кюньо построил первый колесный трактор с паровым двигателем для нужд артиллерии. Трактор после 15 мин работы останавливался для поддержания огня в топке. Этот экспонат в настоящее время находится в Музее искусств и ремесел в Париже.

**1774 г.** — английский механик Джеймс Уатт создал паровой двигатель.

**1791 г.** — в Англии Джон Барбер разработал газотурбинный двигатель.

**1824 г.** — французский инженер Сади Карно опубликовал работу «Размышления о движущей силе огня и машинах, способ-

ных развивать эту силу». Она стала теоретической основой современных *двигателей внутреннего сгорания* (ДВС).

**1834 г.** — русский ученый Борис Якоби изготовил электродвигатель.

**1816—1840 гг.** — английский физик Роберт Стирлинг разработал *двигатель внешнего сгорания*. Такой двигатель может работать на любом виде топлива, включая ядерное. Двигатели Р. Стирлинга низкотоксичны, бесшумны и в настоящее время считаются перспективными.

**1860 г.** — французский инженер Этьен Лемуан сконструировал двигатель внутреннего сгорания, который работал на газообразном топливе. В нем рабочий процесс осуществлялся за один оборот коленчатого вала (два такта), а горючая смесь воспламенялась электрической искрой. Несмотря на свою низкую эффективность (4...5%), эти двигатели были популярны во Франции и Великобритании.

**1861 г.** — австрийский инженер Зигфрид Маркус построил двигатель взрывного действия, работающий на парах керосина. Несмотря на недовольство жителей Вены он был установлен на автомобиле. Этот автомобиль хранится в Австрийском автомобильном клубе.

**1862 г.** — французский инженер Альфонс Бо де Рош разработал теорию двигателя внутреннего сгорания, в котором процесс работы был разделен на четыре периода (такта). Рабочий цикл такого двигателя совершался за два оборота коленчатого вала. Такая организация процесса работы наиболее часто используется в современных двигателях.

**1876 г.** — немецкий механик Николаус Август Отто построил четырехтактный двигатель, основанный на теории Бо де Роша.

**1879 г.** — русский инженер Огнеслав Костевич построил бензиновый ДВС на заводе Эммануила Нобеля в Петербурге (ныне «Русский дизель»). Этот двигатель можно увидеть в Политехническом музее Москвы.

**1884 г.** — шведский ученый Карл Лаваль создал паровую турбину.

**1885 г.** — немецкие инженеры Готтлиб Даймлер и Вильгельм Майбах в мастерских фабрики Deutz изготовили двигатель с *карбюратором*, который позволил в качестве топлива использовать бензин. Почти в это же время двигатель, работающий на бензине, построил Карл Бенц. Эти конструкции стали принципиальной основой современных бензиновых двигателей.

**1888 г.** — француз Леон Серполле изобрел генератор мгновенного парообразования в виде волнистой сплюсненной трубки. Такой котел нагревался от керосиновой горелки, пламя которой можно было регулировать *акселератором*. Это изобретение стало пределом технического совершенствования паровых двигателей, а его создатель удостоился памятника из белоснежного мрамора, символизирующего победу над паром.

**1897 г.** — немецкий инженер Рудольф Дизель создал ДВС, работающий на керосине. Топливо в камеру сгорания этого двигателя подавали сжатым воздухом и воспламеняли сжатием топливозвоздушной смеси внутри цилиндра (дизельный двигатель). Двигатель имел мощность около 20 л. с. при частоте вращения вала  $175 \text{ мин}^{-1}$ . Такой способ подачи топлива и наличие компрессора препятствовали созданию быстроходного и небольшого двигателя.

**1903 г.** — русский инженер Яков Мамин получил патент на двигатель, работающий на сырой нефти. Зажигание топлива в нем происходило от предварительно нагретого медного запальника. Тракторы с таким двигателем выпускались в нашей стране до 1924 г.

**1905 г.** — Рудольф Дизель предложил насос-форсунку — прибор, в котором форсунка создает высокое давление топлива и впрыскивает его в цилиндр.

**1908 — 1911 гг.** — на подмосковном паровозостроительном заводе в Коломне были построены первые в мире горизонтальный двухтактный дизель с противоположно движущимися поршнями и V-образный дизель.

**1923 г.** — немецкий инженер Роберт Бош испытал систему впрыскивания топлива с применением топливных насосов высокого давления (ТНВД).

**1938 г.** — Харьковский тракторный завод выпустил трактор с газогенераторной установкой, работающей на дровах.

**1939 г.** — немецкой фирмой «Юнкерс» создан авиационный двигатель с непосредственным впрыскиванием бензина (*инжекционный двигатель*).

**1958 г.** — немецкий инженер Феликс Ванкель создал роторный ДВС.

**1959 г.** — фирма «Аллис Чальмерс» (США) продемонстрировала трактор с электрическим двигателем, питающимся от аккумуляторных батарей, который мог до 80 % химической энергии преобразовывать в механическую работу.

Сравните! Этот показатель у паровых машин составляет 5... 10 %, у карбюраторных двигателей — 22... 28 %, у дизелей — 28... 39 %.

**1986 г.** — фирма Bosch приступила к серийному выпуску ТНВД с электронной системой управления впрыскиванием топлива.

Какие бы двигатели не создавали ученые и конструкторы, все они преобразуют какой-либо вид энергии в механическую работу. В настоящее время на тракторах в качестве силовых установок для получения вращающего момента используют в основном *тепловые машины*. Их можно разделить на две основные группы.

**Какие типы тепловых машин используют в качестве двигателей?**

**Двигатели с внешним сгоранием топлива.** В этих тепловых машинах топливо, сгорая, нагревает рабочее тело (воду и др.), которое подводят к устройству, преобразующему часть его энергии

в механическую работу. Охладившееся в результате рабочее тело нагревают вновь, не возобновляя его запасов. К таким двигателям относятся паровые машины и турбины, двигатели Стирлинга и атомные силовые установки.

**Двигатели внутреннего сгорания.** В этом типе тепловых машин сжигание топлива, выделение теплоты и преобразование ее части в механическую работу происходит непосредственно внутри двигателя. Рабочее тело в этих двигателях обновляют для каждого цикла работы. К такому типу двигателей относятся поршневые двигатели с поршнями, движущимися возвратно-поступательно, роторно-поршневые двигатели с вращающимися поршнями, газотурбинные и реактивные двигатели.

На современных тракторах установлены поршневые двигатели внутреннего сгорания. Так как эти двигатели были первыми тепловыми машинами с внутренним сгоранием, их принято называть просто двигателями внутреннего сгорания или сокращенно ДВС.

### **Почему на тракторах применяют ДВС?**

Поршневые двигатели внутреннего сгорания обладают рядом преимуществ: они экономичны, компактны, могут работать на разных видах топлива, обладают высоким КПД при изменении мощности и крутящего момента. Двигатели внутреннего сгорания могут иметь мощность от нескольких ватт до десятков тысяч киловатт. Они работоспособны при изменении положения двигателя в пространстве, легко запускаются и быстро развивают полную мощность, способны приспосабливаться к изменению нагрузки, что очень важно при выполнении сельскохозяйственных работ. Сравнительно невысокая стоимость и способность длительное время работать автономно способствовали тому, что, несмотря на ряд недостатков, этот тип двигателей получил наибольшее распространение на транспортных, строительных и сельскохозяйственных самоходных машинах.

### **Какие недостатки имеют ДВС?**

В настоящее время усилия ученых и инженеров направлены на создание экологически безопасных, высокоэффективных и надежных двигателей. Совершенствование ДВС связано с проблемой устранения недостатков, характерных для этого типа машин: высокого уровня шума, невозможности непосредственно соединить двигатель с колесами, токсичности отработавших газов, вибрации, значительных потерь теплоты в окружающую среду, потерь на трение в движущихся деталях.

### **Терминология**

Термин	Значение термина
Трактор	Самоходное устройство для приведения в действие соединенных с ним машин и орудий

Термин	Значение термина
Двигатель, силовая установка	Устройство, преобразующее какой-либо вид энергии в механическую работу
Акселератор	В переводе с латинского — ускоритель. Регулятор количества горючего, подаваемого в двигатель для сгорания
Рабочее тело	Газообразное или жидкое вещество, с помощью которого тепловая энергия преобразуется в механическую работу
Цикл	В переводе с греческого — круг. Совокупность явлений и процессов, происходящих последовательно в течение определенного времени. Рабочий цикл двигателя периодически повторяется
Автономия	Определенность явления своими внутренними законами
Привод	Устройство для приведения в действие чего-либо
Вращающий (крутящий) момент силы	$M = PR$ , где $P$ — сила, под действием которой тело вращается; $R$ — радиус, проведенный из центра вращения тела перпендикулярно линии действия силы
Лошадиная сила (л.с.)	Устаревшая единица измерения мощности. 1 л.с. = 736 Вт. Соответствует работе по поднятию тела массой 75 кг на 1 м за 1 с
Работа	Процесс превращения одного вида энергии в другой. Величина механической работы $A = PS$ , где $S$ — расстояние в направлении действия силы, на которое под воздействием силы $P$ было перемещено тело
Эффективность	В переводе с латинского — действие, исполнение. Результативность чего-либо. Показывает, какая часть затраченной энергии использовалась для совершения полезной работы
Карбюратор	В переводе с немецкого — обогащающий углеродом. Прибор для смешения жидкого (углеводородного) топлива и воздуха
Энергия	В переводе с греческого — действие. Величина, показывающая способность производить работу
Машина	Устройство для совершения какой-либо работы
Токсичность	В переводе с греческого — ядовитость. Наличие ядовитых и вредных для организма человека веществ

Термин	Значение термина
Устройство	Конструкция чего-либо
Механизм	Внутреннее устройство машины, орудия или прибора, приводящее их в действие или передающее механическое движение
Агрегат	В переводе с латинского — присоединенный. Соединение для общей работы нескольких разнотипных машин (например, трактор с плугом)
Мощность	Показатель способности машины совершить работу $A$ за единицу времени $N = A/T$ , где $N$ — мощность; $T$ — время
Составная часть	Часть машины, выполняющая законченные функции
Система	В переводе с греческого — целое, составленное из частей
Инжектор	В переводе с французского — вбрасыватель. Устройство для впрыскивания топлива (газов)

### Задания для самостоятельной работы и обсуждения

1. Почему похожие проекты появлялись в разных странах?
2. Почему газотурбинные двигатели не применяют на тракторах?
3. Какие преимущества имеет генератор Серполле?
4. Каковы перспективы двигателей внешнего сгорания?
5. Предложите возможные пути устранения недостатков ДВС.
6. Ознакомьтесь с тракторами в вашем образовательном учреждении и запишите результаты их обследования.

## 1.2. Общие принципы работы двигателей

**Ключевые слова:** • тепловой двигатель • внутреннее сгорание • такт • мертвые точки

Тракторный двигатель — это сложное и дорогое техническое устройство, во многом определяющее эксплуатационные возможности машины в целом. Цена двигателя доходит до трети от цены трактора. В нем около 2 500 движущихся деталей. Чтобы понять, как работает современный двигатель, рассмотрим принципы действия и устройства простейшего ДВС.

### Какие свойства воздуха используются при создании ДВС?

Для того чтобы двигатель внутреннего сгорания мог преобразовывать тепловую энергию в механическую работу, необходимо

осуществить процесс сжигания топлива. Из курса химии известно, что процесс горения возможен при наличии кислорода. Часть кислорода входит в химический состав топлива, но для его сгорания этого количества кислорода недостаточно.

Необходимое количество кислорода для горения топлива содержится в воздухе (почти 0,3 г в 1 л воздуха — около 20,95 %).

**Важно знать!** Для сгорания 1 кг топлива в современном двигателе необходимо 15 кг воздуха (около 10 000 л при нормальном атмосферном давлении). Такое соотношение воздуха и топлива считают теоретически необходимым для его полного сгорания.

Другое полезное свойство воздуха — возможность его сжатия. Чтобы сжечь 1 г топлива, необходимо сжать в замкнутой камере объемом 1 л около 10 л воздуха, находившегося при нормальном атмосферном давлении.

Третье важное для работы двигателя свойство воздуха — повышение его температуры при сжатии (вспомните, как нагревается велосипедный насос при накачивании колес).

Четвертое важное свойство — способность воздуха легко смешиваться с топливом (газом, бензином, дизельным топливом). При смешивании топливо испаряется или раздробляется на мельчайшие частицы. Чем меньше размеры частиц топлива и чем лучше они смешаны с воздухом, тем легче топливо загорается и больше вероятность его полного сгорания.

### **Как управлять горением топлива?**

Важнейшим фактором, определяющим полноту использования энергии топлива в двигателе, является *скорость его горения*. Она зависит от температуры топлива (вспомните из собственных наблюдений, как трудно заводятся двигатели зимой), степени его измельчения (распыления), степени сжатия смеси воздуха и топлива (горючей смеси) в замкнутой камере (камере сгорания), типа топлива и формы камеры сгорания.

**Важно знать!** При высокой степени сжатия горючей смеси и высокой температуре скорость горения может резко возрасти и принять взрывной характер. Это явление называют *детонацией*. При нормальном горении топлива скорость распространения пламени составляет 10... 40 м/с, а при детонации — 1 500... 2 500 м/с.

**! Внимание!** Детонация очень опасна. Она может привести к разрушению двигателя. При детонации не все топливо успевает загореться. Это снижает мощность и эффективность работы двигателя.

Процессом горения можно *управлять*, изменяя такие параметры, как давление в камере сгорания (сжатия), количество поступающего топлива, объем камеры сгорания (сжатия), температуру воздуха, топлива, двигателя и др.