

Е.Л. Савич

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЕЙ

Двигатели



Для студентов учреждений высшего образования

Е.Л. Савич

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЕЙ

Двигатели

Допущено
Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальностям
«Техническая эксплуатация автомобилей»,
«Автосервис», «Автомобилестроение»,
«Оценочная деятельность на автомобильном
транспорте»



Минск
«Вышэйшая школа»
2019

УДК 629.331.02(075.8)
ББК 39.33-04я73
С13

Рецензенты: кафедра «Техническая эксплуатация автомобилей» ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» (заведующий кафедрой кандидат технических наук, доцент *О.В. Билык*); профессор кафедры автомобильного транспорта УО «Полоцкий государственный университет» доктор технических наук, профессор *В.П. Иванов*

Савич, Е. Л.
С13 Устройство автомобилей. Двигатели : учеб. пособие / Е. Л. Савич. — Минск : Вышэйшая школа, 2019. — 334 с. : ил.
ISBN 978-985-06-3038-4.

Рассматривается устройство двигателей автомобилей, описаны конструкции и принципы действия их механизмов и систем. Изложены основы электронного управления автомобилей, их агрегатов и систем. Содержатся сведения о конструкции и отличительных особенностях двигателей современных грузовых и легковых автомобилей, в том числе гибридных автомобилей и электромобилей, автобусов отечественных и зарубежных производителей.

Для студентов учреждений высшего образования по техническим специальностям автотранспортного профиля. Будет полезно учащимся учреждений среднего специального образования, работникам автотранспортных, автообслуживающих и авторемонтных организаций.

УДК 629.331.02(075.8)
ББК 39.33-04я73

Все права на данное издание защищены. Воспроизведение всей книги или любой ее части не может быть осуществлено без разрешения издательства.

ISBN 978-985-06-3038-4

© Савич Е.Л., 2019
© Оформление. УП «Издательство
“Вышэйшая школа”», 2019

ПРЕДИСЛОВИЕ

Современный рынок производителей двигателей автомобилей характеризуется многообразием моделей различных стран и фирм, которые отличаются назначением, ценой, а также динамическими, экологическими и топливно-экономическими свойствами, что особенно характерно для автомобилей дальнего зарубежья. Это связано главным образом с рынком потребления двигателей автомобилей и возникающей при этом конкуренцией производителей, стремящихся удовлетворить запросы потребителей, а также с постоянно возрастающими требованиями к повышению комфорта, снижению расхода топлива и негативного воздействия автомобиля на окружающую среду и повышению безопасности автомобиля при его эксплуатации.

В изданной на русском языке литературе описаны в основном конструкции двигателей автомобилей производства стран СНГ прошлых лет. Однако автомобили стран Западной Европы, Японии, Китая и Америки, а также современные автомобили стран СНГ, которые в настоящее время совершенствуются по передовым образцам известных производителей, имеют серьезные отличительные особенности относительно ранее выпускавшихся.

Современные двигатели автомобилей имеют свои особенности, связанные с применением электронных систем управления агрегатами и системами двигателей, наддува, систем изменения высоты подъема клапанов и фаз газораспределения, электронных систем впрыска бензиновых двигателей и двигателей, работающих на газообразном топливе, дизельных двигателей, систем снижения токсичности отработавших газов, систем комфорта, применением в качестве силовой установки электродвигателей и т.д.

Несмотря на многообразие и различие конструкций двигателей у разных производителей, в пособии выделены общие тенденции в их развитии, характерные для большинства автомобильных двигателей.

Учебное пособие предназначено для изучения конструкции двигателей автомобилей студентами учреждений высшего образования, может использоваться в системе учреждений среднего специального и профессионального образования, а также при повышении квалификации.

Автор выражает благодарность за высказанные замечания и пожелания, позволившие улучшить качество материала, излагаемого в учебном пособии, рецензентам: профессору кафедры автомобильного транспорта УО «Полоцкий государственный университет» доктору технических наук, профессору *В.П. Иванову*; кандидату технических наук, доценту кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» ГУ ВПО «Белорусско-Российский университет» *Н.А. Коваленко*.

*Е.Л. Савич, профессор кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей»
УО «Белорусский национальный технический университет»*

АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ

1.1. Роль автомобильного транспорта в перевозках грузов и пассажиров

Главная задача государства – подъем материального и культурного уровня жизни народа в результате динамичного и пропорционального развития общественного производства и повышения его эффективности, ускорения научно-технического прогресса, роста производительности труда, улучшения качества работы. Большая роль в этом принадлежит транспорту, основной задачей которого является более полное и своевременное удовлетворение потребностей народного хозяйства и населения в перевозках, ускорение доставки грузов и передвижения пассажиров.

Но нельзя сводить роль транспорта только к перемещению грузов и пассажиров. Он активно воздействует на весь процесс расширенного воспроизводства и особенно на продолжительность цикла, на формирование запасов сырья, топлива и продукции, емкость складов, объем товаров, находящихся в процессе перемещения, и др. Таким образом, транспорт в настоящее время решает сложные и крупномасштабные задачи, способствуя экономическому и социальному прогрессу общества.

Экономичная, эффективная и оперативная работа автомобильного транспорта обеспечивается рациональным использованием многомиллионного парка подвижного состава – грузовых и легковых автомобилей, автобусов, прицепов и полуприцепов. Транспорт в экономике Беларуси является неотъемлемой частью производственной и социальной инфраструктуры. В нем занято 5,8% от среднесписочной численности работников республики или 192 тыс. чел. Доля транспортных услуг в валовом внутреннем продукте (ВВП) составляет 7,1% , в инвестициях страны – 4,2%.

Автомобильный транспорт (далее – автотранспорт) имеет технико-экономические преимущества по сравнению с другими видами транспорта: высокая скорость доставки груза, сравнительно малые капитальные вложения при организации перевозок, простота в любых географических и климатических условиях организация технического обслуживания и ремонта автомобилей; меньшая по сравнению с железнодорожным транспортом стоимость перевозок на короткие расстояния. При этом устраняется потребность в промежуточных складах, повышается сохранность грузов, сокращаются расходы на тару.

В автотранспорте сконцентрировано свыше 97% от всех лицензируемых субъектов транспортной деятельности.

Отличие от других видов транспорта автотранспорт в постоянно возрастающих объемах перевозит международные грузы. Это обусловлено его высокой маневренностью, большой скоростью, обеспечением перевозок от двери отправителя до двери получателя в прямых безперегрузочных сообщениях. Автотранспорт стал незаменимым средством и при смешанных перевозках.

За последние годы автотранспорт выполняет свыше 55% объемов внутренних грузовых перевозок страны с тенденцией увеличения этой доли, являясь, таким образом, главным перевозчиком для растущих секторов экономики Беларуси.

Постоянно растущая потребность в автомобильных транспортных перевозках способствует ужесточению требований к конструктивному совершенству автомобилей. В последние годы появились принципиально новые модели грузовых и легковых автомобилей, автобусов, отвечающие современным требованиям:

- по *показателям мощности*;
- *безопасности конструкции* (т.е. таким качествам автомобиля, способствующим снижению вероятности попадания его в дорожно-транспортные происшествия);
- *экологической безопасности* (степень воздействия автомобиля на окружающую среду, определяемая вредностью отработавших газов, внешним шумом, давлением на грунтовую поверхность, возможность утилизации элементов конструкции после выработки ресурса) и др.

1.2. Этапы развития отечественной автомобильной промышленности

На дорогах Беларуси первый автомобиль появился в 1895 г. Именно тогда Ковенский округ путей сообщения, в который входили и все белорусские губернии (кроме Могилевской), приобрел техническую новинку – автомобиль. Количество автомобилей росло довольно быстро, появились они и в личном пользовании. В целом, хотя автомобиль продолжал оставаться экзотикой, он довольно уверенно занял ведущее место в грузовых и пассажирских перевозках на шоссе.

По примеру Министерства путей сообщения Российской империи обзавелись новой техникой и другие гражданские учреждения белорусских губерний. Несмотря на то, что автомобиль являлся дорогим удовольствием, среди автовладельцев в Беларуси начала XX в. можно найти представителей всех слоев общества – от аристократа до крестьянина.

На заре автомобилизации Беларуси интересную страницу представляет использование автомобиля в качестве общественного транспорта. В 1906 г. минчанин И. Федоров обратился в городскую управу с просьбой разрешить ему перевозку на автомобиле пассажиров. Он же стал виновником и первой известной в Минске автокатастрофы. 20 августа 1906 г. машина на Подгорной улице (ныне ул. К. Маркса) врезалась в телеграфный столб, пассажиров выбросило на мостовую, при этом одного из них смертельно травмировало.

После первого не слишком удачного опыта таксомоторное движение в Минске было возобновлено только осенью 1912 г. К 1914 г. в распоряжении минчан было шесть автомобилей-такси Overland, Darak, Oldsmobile, Mercedes, Ford, Opel мощностью от 20 до 35 л. с. В конце 1913 г. житель Минска по фамилии Выготский просил разрешение на право эксплуатации автобуса вместимостью 20 человек для перевозки пассажиров по городу и его окрестностям. Весной 1914 г. между центром города и Комаровкой (тогда городской окраиной) начал курсировать шестиместный маршрутный автомобиль.

Автомобильные перевозки на территории Беларуси более стабильно стали осуществляться с 1920 г., когда были получены первые 20 автомобилей. Через 5 лет в Минске появились первые 11 автобусов, которые начали выполнять регулярные внутригородские перевозки пассажиров. К концу 1928 г. на территории БССР име-

лось 139 легковых машин (63 марки), 97 грузовых (43 марки) и 144 специальных (38 марок) – всего 350 (144 марки). К 1941 г. в Беларуси насчитывалось 990 автомобилей.

К 1986 г. в республике функционировало 28 автовокзалов, 112 автостанций и 270 автопавильонов с кассами. К этому времени подвижной состав насчитывал свыше 12 тыс. автобусов и более 3 тыс. таксомоторов, которые были сосредоточены в 42 автобусных и таксомоторных парках, а также в 82 смешанных автомобильных парках.

На 01.01.2017 г. в Республике Беларусь в личной собственности находилось 10 947 автобусов, 138 388 грузовых автомобилей и 2 957 400 легковых автомобилей. По количеству автомобилей на 1 тыс. жителей Беларусь обогнала такие развитые страны Европы, как Венгрия, Польша, Словакия и Чехия. К примеру, в Польше на 1 тыс. жителей приходится 243 автомобиля, в Беларуси – 311, в Германии – 545.

Основные этапы развития автомобилестроения СССР. Производство автомобилей в России началось в 1908 г. со сборки машин на Русско-Балтийском вагоностроительном заводе в Риге, было выпущено примерно 800 машин. В 1916 г. состоялась закладка завода *Автомобильного московского общества* (АМО), где с 1917 по 1919 г. собирались автомобили Ф-15 по итальянской лицензии. С 1919 по 1923 г. завод выполнял в основном ремонт автомобилей, а 1 ноября 1924 г. был собран первый советский грузовик АМО-Ф-15.

В развитии автомобильной промышленности СССР можно выделить следующие этапы:

- 1924–1930 гг. – мелкосерийное производство автомобилей на заводе АМО (в настоящее время АМО ЗИЛ);
- в 1925 г. начат выпуск грузовых автомобилей на Ярославском автомобильном заводе;
- в 1930 г. пущен в строй Московский завод малолитражных автомобилей, принято решение о строительстве в Нижнем Новгороде автомобильного завода мощностью 100 тыс. автомобилей в год;
- в 1931 г. начата реконструкция завода АМО для массового производства грузовиков конвейерным способом;
- в 1932 г. построен Горьковский автомобильный завод (ГАЗ), начался серийный выпуск грузовиков ГАЗ-АА. В этот период Ярославский автомобильный завод начал выпуск большегрузных автомобилей, Московский завод малолитражных автомобилей освоил производство легковых автомобилей КИМ-10;
- в 1944 г. построен завод на Урале, начат выпуск грузовых автомобилей ЗИС-5В;
- 1947–1958 гг. – разработаны и поставлены на производство автомобили новых конструкций: грузовые большой грузоподъемности, тягачи, автомобили-самосвалы, специализированные (пожарные, санитарные и др.). Вступили в строй новые автомобильные и автобусные заводы в городах Минск, Павловск, Кутаиси, Кременчуг и Львов. Расширился типаж грузовых и легковых автомобилей, автобусов;
- 1959–1965 гг. – увеличивается число выпускаемых автомобилей, повышается их качество. Происходит специализация и кооперирование заводов по выпуску автомобилей. Производство карьерных самосвалов грузоподъемностью выше 25 т, изготавливаемых на Минском автомобильном заводе (МАЗ), передано Белорусскому автомобильному заводу (БелАЗ) в Жодино;

- 1966–1970 гг. — реконструкция и техническое перевооружение заводов ГАЗ, ЗИЛ, АЗЛК, МАЗ, БелАЗ и др. Вступили в строй Ижевский автомобильный завод по производству автомобилей «Москвич-408» и Волжский автомобильный завод.

16 марта 1976 г. в г. Набережные Челны был выпущен первый автомобиль КамАЗ-5320.

Автомобильная промышленность в Республике Беларусь. «*Минский автомобильный завод*» основан в 1944 г. Первый грузовик был сконструирован в 1947 г. В феврале 2009 г. РУП «Минский автомобильный завод» был реорганизован в открытое акционерное общество (ОАО «МАЗ»). Продукция МАЗа соответствует экологическим стандартам Евро-4, Евро-5, Евро-6. Под маркой МАЗ с конвейера завода сходят седельные тягачи, бортовые автомобили, шасси под установку различного спецоборудования. С 1995 г. МАЗ выпускает автобусы.

Белорусский автомобильный завод (РУП «БелАЗ») специализируется на выпуске карьерных самосвалов большой и особо большой грузоподъемности, а также другого тяжелого транспортного оборудования, применяемого в горнодобывающей и строительной отраслях промышленности. Продукция предприятия — это карьерные самосвалы грузоподъемностью 30...450 т; техника для обслуживания карьеров: фронтальные погрузчики, колесные бульдозеры, тягачи-эвакуаторы; техника для подземных работ (шахтные вагоны, механические крепи для лавовых комплексов), а также тяжеловозы и шлаковозы для металлургических предприятий, аэродромные тягачи и другое тяжелое транспортное оборудование. В сентябре 2013 г. создали самый большой в мире самосвал грузоподъемностью 450 т.

Могилевский автомобильный завод имени С.М. Кирова (РУП «МоАЗ» — филиал ОАО «БелАЗ») в разное время производил локомотивы, автоскреперы, автосамосвалы, автопогрузчики и другую технику. В настоящее время значительно расширена номенклатура выпускаемых машин по специальным заказам наряду с основными видами продукции, которая включает самоходные скреперы, автопоезда для подземных работ и тоннелей, тягачи для буксировки самолетов, погрузчики, самосвалы повышенной проходимости, автобетоносмесители, шасси под монтаж различного оборудования.

Минский завод колесных тягачей (РУП «МЗКТ») разрабатывает и производит многоосные автомобили высокой проходимости. Первоначально такие машины использовались исключительно (90...95%) для военных целей — устанавливались зенитно-ракетные комплексы и ракеты различного класса. Сегодня производятся седельные тягачи, армейские многоцелевые полноприводные шасси и шасси повышенной проходимости, предназначенные для монтажа различных установок — ремонта и бурения нефтяных и газовых скважин, под краны грузоподъемностью 50 т, самосвалы, экскаваторы, автопоезда (50...70 т) для транспортировки нефтяных и газовых труб по дорогам общего пользования и в труднодоступной местности.

Производство автобусов сосредоточено на МАЗ и Лидском заводе «Неман».

В настоящее время начал работу ЗАО СЗАО «Белджи» (Борисов, Минская область). Акционерный состав белорусско-китайского предприятия включил ОАО «БелАЗ», СЗАО «СоюзАвтоТехнологии», корпорацию Geely. Сегодня СЗАО «Белджи» выпускается три модели новой автомарки: Geely SC 7; Geely LC Cross; Geely EX. Проектная мощность завода — 60 тыс. автомобилей в год.

К автомобилестроению относят также производство мотоциклов, которое сосредоточено на Минском мотоциклетном и велосипедном заводе (ОАО «Мотовело»).

В автомобилестроении широкое развитие получили специализации и кооперирование. Отдельные узлы и детали производят Борисовский завод «Автогидроусилитель» (гидроусилители рулевого управления для автомобилей); Борисовский завод автотракторного электрооборудования (стартеры и другое электрооборудование); Гродненский завод «Белкард» (карданные валы к автотехнике); Гродненский завод автоагрегатов (амортизаторы); Щучинское АО «Автопровод» и др. На автомобилестроении работают многие предприятия и производства других отраслей промышленности: химической и нефтехимической (автошины и резинотехнические изделия, искусственная кожа, эмали, краски), стекольной (автостекло) и др.

1.3. Классификация подвижного состава автомобильного транспорта

Подвижной состав автомобильного транспорта можно разделить на транспортный и специальный.

Специальный подвижной состав предназначен для выполнения в основном нетранспортных работ. К нему относятся автомобили со специальными кузовами: автокраны, пожарные и коммунальные автомобили, санитарные, автомастерские; спортивные автомобили; прицепы и полуприцепы (нетранспортные).

Транспортный подвижной состав делится на грузовой и пассажирский.

К *грузовому составу* относятся грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы, тягачи, специализированные автомобили для перевозки различных грузов (самосвалы, цистерны, контейнеровозы и т.п.).

К *пассажирскому составу* относятся легковые автомобили, автобусы. Автобусы создаются на основе базовых грузовых автомобилей, в которых применены специальные автобусные агрегаты (задние мосты, коробки передач и т.д.).

Грузовые автомобили классифицируются следующим образом:

- по назначению:
 - общего назначения (перевозят любые нежидкие грузы, а жидкости – только в таре, кузов – платформа с бортами);
 - специализированные (предназначены для перевозки определенных типов грузов: различные цистерны, самосвалы, для перевозки скота и т.п.);
- общему числу колес и ведущих колес автомобили условно обозначаются колесной формулой, где первая цифра – число колес автомобиля, вторая – число ведущих колес. Каждое сдвоенное ведущее колесо считается как одно целое. Например, колесной формулой 4×2 обозначен двухосный автомобиль с одной ведущей осью, 6×6 – трехосный автомобиль со всеми ведущими осями, 6×4 – трехосный автомобиль с двумя ведущими осями;
- проходимости, т.е. по степени приспособления к работе в тех или иных дорожных условиях, различают автомобили дорожной (обычной), повышенной и высокой проходимости. Автомобили дорожной проходимости используют главным образом на дорогах с усовершенствованным (асфальтобетонным) покрытием;
- грузоподъемности различают грузовые автомобили:
 - особо малые (менее 1 т);
 - малые (1...2,5 т);
 - средние (2,5...8,0 т);
 - большие (8,0...15,0 т);
 - особо большие (8,0...26 т);

- сверх особо большие (свыше 26 т.);
- приспособленности к климатическим условиям: автомобили для умеренного, холодного (северного) и жаркого (тропического) климата (автомобили для холодного и жаркого климата выпускаются на базе автомобилей для умеренного климата);
- характеру использования:
 - одиночные;
 - тягачи (автопоезда) – это грузовые автомобили с одним или несколькими прицепами (или полуприцепами);
- классам в зависимости от полной массы автомобиля различают семь классов грузовых автомобилей (табл. 1.1).

Таблица 1.1. Классы грузовых автомобилей (первая цифра индексации)

Полная масса, т	До 1,2	От 1,2 до 2	От 2 до 8	От 8 до 14	От 14 до 20	От 20 до 40	Свыше 40
Класс	1	2	3	4	5	6	7

Легковые автомобили классифицируются следующим образом:

- по количеству ведущих колес:
 - полноприводные, у которых все четыре колеса ведущие;
 - неполноприводные, у которых ведущими являются два колеса передней или задней оси;
- компоновке:
 - при классической схеме компоновки двигатель располагается спереди, а ведущими являются задние колеса;
 - при переднеприводной схеме компоновки двигатель располагается спереди, передние колеса являются ведущими и управляемыми;
 - при заднеприводной схеме компоновки двигатель располагается сзади, а ведущими являются задние колеса;
- массе снаряженного автомобиля (т.е. без водителя, пассажира, топлива, охлаждающей жидкости, инструмента, запасного колеса);
- рабочему объему двигателя (табл. 1.2).

Таблица 1.2. Классификация легковых автомобилей

Первая цифра индекса легкового автомобиля	Класс легкового автомобиля	Рабочий объем двигателя, л (дм ³)
1	Особо малый	До 1, 2
2	Малый	От 1,3 до 1,8
3	Средний	От 1,9 до 3,5
4	Большой	Свыше 3,5
5	Высший	Рабочий объем не регламентируется

Легковые автомобили выпускаются дорожной и повышенной проходимости.

1.4. Международная классификация транспортных средств

Согласно международной классификации транспортные средства делятся на категории следующим образом:

- категория L – механические транспортные средства, имеющие менее четырех колес:
 - категория L_1 – двухколесное транспортное средство, в котором рабочий объем двигателя в случае двигателя внутреннего сгорания не превышает 50 см^3 и максимальная расчетная скорость при любом двигателе не превышает 50 км/ч ;
 - категория L_2 – трехколесное транспортное средство с любым расположением колес, в котором рабочий объем двигателя в случае двигателя внутреннего сгорания не превышает 50 см^3 или максимальная расчетная скорость при любом двигателе не превышает 50 км/ч ;
 - категория L_3 – мотоцикл – двухколесное транспортное средство, в котором рабочий объем двигателя в случае двигателя внутреннего сгорания превышает 50 см^3 или максимальная расчетная скорость при любом двигателе превышает 50 км/ч ;
 - категория L_4 – мотоцикл с коляской – транспортное средство с тремя колесами, асимметричными по отношению к средней продольной плоскости, в котором рабочий объем двигателя в случае двигателя внутреннего сгорания превышает 50 см^3 или максимальная расчетная скорость при любом двигателе превышает 50 км/ч ;
 - категория L_5 – трицикл – транспортное средство с тремя колесами, симметричными по отношению к средней продольной плоскости, в котором рабочий объем двигателя в случае двигателя внутреннего сгорания превышает 50 см^3 или максимальная расчетная скорость при любом двигателе превышает 50 км/ч ;
 - категория L_6 – легкий квадрицикл – четырехколесное транспортное средство, ненагруженная масса которого не превышает 350 кг без учета массы аккумуляторов для электрического транспортного средства и максимальная расчетная скорость не превышает 50 км/ч , характеризующееся: при установке двигателя внутреннего сгорания с принудительным зажиганием – рабочим объемом двигателя, не превышающим 50 см^3 , или при установке двигателя внутреннего сгорания другого типа – максимальной эффективной мощностью, не превышающей 4 кВт , или при установке электродвигателя – номинальной максимальной мощностью в режиме длительной нагрузки, не превышающей 4 кВт ;
 - категория L_7 – квадрицикл – четырехколесное транспортное средство, ненагруженная масса которого не превышает 400 кг (550 кг – для транспортного средства, предназначенного для перевозки грузов) без учета массы аккумуляторов для электрического транспортного средства и максимальной эффективной мощности двигателя не превышает 15 кВт ;
- категория M – механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и используемые для перевозки пассажиров:
 - категория M_1 – транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие помимо места водителя не более восьми мест для сидения;

- категория M_2 – транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие помимо места водителя более восьми мест для сидения, максимальная масса которых не превышает 5 т;
- категория M_3 – транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие помимо места водителя более восьми мест для сидения, максимальная масса которых превышает 5 т;
- категория N – механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и предназначенные для перевозки грузов:
 - категория N_1 – транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, максимальная масса которых не превышает 3,5 т;
 - категория N_2 – транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, максимальная масса которых превышает 3,5 т, но не превышает 12 т;
 - категория N_3 – транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, максимальная масса которых превышает 12 т;
- категория O – прицепы (включая полуприцепы):
 - категория O_1 – прицепы, максимальная масса которых не превышает 0,75 т;
 - категория O_2 – прицепы, максимальная масса которых составляет более 0,75 т, но не превышает 3,5 т;
 - категория O_3 – прицепы, максимальная масса которых составляет более 3,5 т, но не превышает 10 т;
 - категория O_4 – прицепы, максимальная масса которых превышает 10 т;
- категории G – транспортные средства повышенной проходимости.

При обозначении категории транспортных средств повышенной проходимости буква G должна сочетаться с буквами M или N (например, N_1G).

1.5. Индексация автотранспортных средств

Индексы, применяемые для базовых моделей грузовых автомобилей, в России и Беларуси обозначаются по отраслевой нормали ОН 025 270-66, которая состоит из обозначения завода-изготовителя и четырех цифр, первая из которых обозначает класс грузовых автомобилей по полной массе, вторая – вид автомобиля, а две последние – номер модели (от 01 до 99).

Для обозначения вида автомобиля используются цифры, представленные в табл. 1.3.

Таблица 1.3. Обозначение вида автомобиля (вторая цифра в индексации)

Вид	Легковой	Автобус	Бортовой	Тягач	Самосвал	Цистерна	Фургон	Резерв	Специальный
Соответствующая цифра	1	2	3	4	5	6	7	8 (пока не используется)	9

Основными видами автотранспортных средств (АТС) являются легковые и грузовые автомобили, автобусы (рис. 1.1).



Рис. 1.1. Основные виды автомобилей:

a – легковой автомобиль ВАЗ-2170; *б* – автобус МАЗ; *в* – грузовой бортовой автомобиль МАЗ-5340; *г* – грузовой автомобиль МАЗ-5440А9; *д* – самосвал МАЗ-5511; *е* – автоцистерна МАЗ-56142; *ж* – автофургон МАЗ-478850; *з* – автомобиль-мусоровоз МАЗ-590423

Общее число колес n и число ведущих колес m указывается колесной формулой $n \times m$ (например, запись 6×4 означает, что общее число колес 6, ведущих 4).

Особенности обозначений АТС МАЗ. Все автомобили с индексами МАЗ-5432, -5551, -6422, -6317, -4370 – это автомобили так называемого старого семейства, т.е. автомобили со «старой» кабиной и соответственно структурой и коммутацией электрооборудования (как правило, без шины CAN, за исключением некоторых автомобилей с импортными двигателями экологического уровня Евро-3, -4).

Автомобили с индексами МАЗ-5440, -5550, -6430, -6310, -4371 – это автомобили нового поколения (с «новой» кабиной и, как правило, с шиной CAN).

В связи с переходом на применение двигателей различного экологического уровня (Евро-1, Евро-2, Евро-3, Евро-4, Евро-5, Евро-6) от различных производителей, цифр от 0 до 9 для обозначения модификаций модели (пятая и шестая цифры в обозначении) стало недостаточно. Поэтому в обозначении ряда модификаций автомобилей экологического уровня Евро-3 и выше стали применять в пятой позиции цифрового индекса латинские буквы А, В, С, Е, М, N, P, V, W, X (табл. 1.4).

Например, МАЗ-534004 – означает, что это бортовой автомобиль (вторая цифра 3, см. табл. 1.3), общей массой до 20 т (первая цифра 5, см. табл. 1.1), причем двухосный (так как спроектирован под нагрузку 10 т на ось, а общая масса для цифрового индекса 5 – до 20 т) с двигателем ЯМЗ Евро-2 (пятая цифра для двигателей ЯМЗ была принята 0, для Mercedes – 1 и т.д., см. табл. 1.4) мощностью 300–329 л. с. (шестая цифра 4, см. табл. 1.5). Аналогичный автомобиль с двигателем ЯМЗ такой же мощности, но экологического уровня Евро-3 будет обозначаться МАЗ-5340А4, с двигателем (см. табл. 1.1, 1.3, 1.4 и 1.5).

Автомобиль МАЗ-5440В9 – это двухосный седельный тягач (вторая цифра 4, табл. 1.3) с двигателем ЯМЗ Евро-4 (на 5-й позиции буква В) мощностью более 405 л. с. (шестая цифра 9, см. табл. 1.5). Такой же автомобиль с двигателем «Mercedes» Евро-4 будет МАЗ-544019, с двигателем «Mercedes» Евро-5 – МАЗ-5440Е9, с двигателем «Mercedes» Евро-6 – МАЗ-5440М9.

Автомобиль МАЗ-6501А8 – это трехосный автомобиль самосвал с двигателем ЯМЗ Евро-3 мощностью меньше 400 л. с. Автомобиль МАЗ-437043 – это среднетоннажный бортовой автомобиль с двигателем ММЗ (пятая цифра 4) Евро-3 (шестая цифра в модификациях с двигателем ММЗ до 2008 г. означала уровень Евро).

Исключение в обозначении основного цифрового индекса составляют созданные в начале и середине 1990-х гг. (после распада СССР и соответствующих министерств и регламентирующих органов) автомобиль самосвал МАЗ-5516 (трехосный, общей массой выше 24 т, соответственно должен был быть индекс 6516, а не 5516) и автобусы МАЗ.

Обозначение модификаций АТС МАЗ в зависимости от производителя и мощности двигателя приведено в табл. 1.4 и 1.5.

Таблица 1.4. Обозначение модификаций АТС МАЗ в зависимости от производителя двигателей (пятая цифра или буква цифрового индекса)

Цифра/буква в обозначении	Производитель двигателя	Экологический класс	Конструктивные особенности
1	2	3	4
0	ЯМЗ	Евро-2	DV,PL
1	Mercedes	Евро-3, -4	DV,UP
2	Weichai	Евро-4, -5	GL,CR
3	Deutz	Евро-3, -4	DL,CR

СОДЕРЖАНИЕ

Список сокращений	3
Предисловие	5
1. АВТОМОБИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ И КЛАССИФИКАЦИЯ АВТОМОБИЛЕЙ	6
1.1. Роль автомобильного транспорта в перевозках грузов и пассажиров	6
1.2. Этапы развития отечественной автомобильной промышленности	7
1.3. Классификация подвижного состава автомобильного транспорта	10
1.4. Международная классификация транспортных средств	12
1.5. Индексация автотранспортных средств	13
1.6. Идентификация транспортных средств	18
2. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЯ	20
3. ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОМОБИЛЕМ	24
3.1. Общая компоновка электронной системы управления	24
3.2. Электронный блок управления	24
3.3. Системы передачи данных	31
4. ОБЩЕЕ УСТРОЙСТВО И ПРИНЦИП РАБОТЫ ДВИГАТЕЛЯ	47
4.1. Общее устройство	47
4.2. Основные параметры двигателя	48
4.3. Рабочий цикл двигателя	50
5. ЦИЛИНДРОПОРШНЕВАЯ ГРУППА И КРИВОШИПНО-ШАТУННЫЙ МЕХАНИЗМ	57
6. ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ МЕХАНИЗМ	91
6.1. Общие сведения	91
6.2. Компоненты газораспределительного механизма	93
6.3. Фазы газораспределения и системы их изменения	102
6.4. Системы изменения высоты подъема клапана	111
7. СИСТЕМА ОХЛАЖДЕНИЯ	120
7.1. Общие сведения	120
7.2. Компоненты системы охлаждения	123
8. СИСТЕМА СМАЗКИ ДВИГАТЕЛЯ	144
8.1. Общие положения	144
8.2. Компоненты системы смазки	147
8.3. Системы вентиляции картера двигателя	156
8.4. Контроль давления и уровня масла	158
9. СИСТЕМА ПИТАНИЯ	160
9.1. Система подачи воздуха	160
9.1.1. Основные положения	160
9.1.2. Турбонаддув	160

9.1.3. Безнаддувные способы подачи дополнительного воздуха	167
9.1.4. Охлаждение наддувочного воздуха (интеркулляция)	169
9.1.5. Фильтрация воздуха	170
9.2. Система питания бензинового двигателя	173
9.2.1. Система питания с карбюратором	173
9.2.2. Системы впрыска бензиновых двигателей	174
9.3. Электронные системы питания двигателей, работающих на газовом топливе	201
9.3.1. Электронные системы питания двигателя легкового автомобиля, работающего на сжиженном нефтяном газе	201
9.3.2. Электронные системы питания двигателя, работающего на сжатом природном газе	207
9.4. Система питания дизельного двигателя	216
9.4.1. Общие положения	216
9.4.2. Системы питания с ТНВД, имеющими рядное расположение плунжерных пар без электронного управления	218
9.4.3. Топливные насосы с электронным управлением типа VE фирмы Bosch	229
9.4.4. Топливные системы с насос-форсунками	232
9.4.5. Топливные системы насос – форсунка – трубопровод	245
9.4.6. Аккумуляторные топливные системы с электронным управлением Common Rail	247
9.4.7. Фильтрация дизельного топлива	254
9.4.8. Свечи накалывания, вакуумные насосы	257
10. СИСТЕМА ЗАЖИГАНИЯ	260
10.1. Контактная система зажигания	260
10.2. Динамические транзисторные системы	267
10.2.1. Общие положения и контактно-транзисторная система зажигания	267
10.2.2. Системы зажигания с датчиком Холла	269
10.2.3. Системы зажигания с индуктивным датчиком	274
10.3. Статические системы зажигания	275
10.4. Инновационные системы зажигания	284
10.5. Современные разработки свечей зажигания	285
11. СИСТЕМЫ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ И ПУСКА ДВИГАТЕЛЯ	290
11.1. Аккумуляторная батарея	290
11.2. Генератор	300
11.3. Система запуска двигателя	307
12. АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ АВТОМОБИЛИ	317
12.1. Гибридные автомобили	317
12.2. Электромобили	325
Литература	332

Учебное издание

Савич Евгений Леонидович

УСТРОЙСТВО АВТОМОБИЛЕЙ. ДВИГАТЕЛИ

Учебное пособие

Редактор *Ю.А. Мисюль*
Художественный редактор *В.А. Ярошевич*
Технический редактор *Н.А. Лебедевич*
Корректор *О.И. Голденкова*
Компьютерная верстка *О.А. Самсоновой*

Подписано в печать 30.01.2019. Формат 70×100/16. Бумага офсетная.
Гарнитура «Newton». Офсетная печать.
Усл. печ. л. 27,3. Уч.-изд. л. 26,8. Тираж 400 экз. Заказ 362.
Республиканское унитарное предприятие «Издательство “Высшая школа”».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/3 от 08.07.2013.
Пр. Победителей, 11, 220004, Минск.
e-mail: market@vshph.com <http://vshph.com>
Открытое акционерное общество «Типография “Победа”».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/38 от 29.01.2014.
Ул. Тавлая, 11, 222310, Молодечно.