

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
НИЖЕГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

В.В. ЗЕЛЕНЦОВ

ВВЕДЕНИЕ В СПЕЦИАЛЬНОСТЬ
«АВТОМОБИЛИ И АВТОМОБИЛЬНОЕ ХОЗЯЙСТВО»

КОМПЛЕКС УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

Часть 2

*Рекомендовано Ученым советом Нижегородского государственного
технического университета им. Р.Е. Алексеева
в качестве учебно-методического пособия
для студентов заочной и дистанционной форм обучения
по специальности 190601 «Автомобили и автомобильное хозяйство»*

Нижегород 2010

УДК 621.431.73

Зеленцов В.В. Введение в специальность «Автомобили и автомобильное хозяйство»: комплекс учебно-методических материалов: Ч. 2 / В.В. Зеленцов; Нижегород. гос. техн. ун-т им. Р.Е. Алексеева. Нижний Новгород, 2010. – 161 с.

Учебно-методический комплекс по изучению дисциплины «Автомобили и автомобильное хозяйство» состоит из двух частей. Во второй части представлены: рабочая программа дисциплины, опорный конспект лекций, вопросы для контроля знаний студентов, а также изложены материалы по истории науки и практики транспорта.

Рекомендуется для студентов специальности 190601 заочной и дистанционной форм обучения, а также для магистров и специалистов автомобильного транспорта.

Рецензент кандидат технических наук, доцент П.П. Вышеславцев

Редактор Е.В. Комарова

Подписано в печать 02.07.2010. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 10,25.
Уч.-изд. л. 10,0. Тираж 300 экз. Заказ .

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева.
Типография НГТУ.

Адрес университета и полиграфического предприятия:
603950. Нижний Новгород, ул. Минина, 24.

© Нижегородский государственный
технический университет
им. Р.Е. Алексеева, 2010
© Зеленцов В.В., 2010

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	5
2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ	6
3. ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ	8
3.1. Исторические проблемы развития транспорта	8
3.2. Роль автомобильного транспорта в народном хозяйстве и история его развития в первой половине XX века в нашей стране	10
3.3. Основные открытия, использованные при конструировании транспортных средств и создании двигателей для них	18
3.4. Особенности работы силовых агрегатов и элементов трансмиссии автотранспортных средств	29
3.4.1. Действительные циклы автомобильных двигателей	29
3.4.2. Тепловой баланс двигателя	34
3.4.3. Нагружение деталей кривошипно-шатунного механизма ДВС	39
3.4.4. Уравновешивание двигателя	40
3.4.5. Элементы трансмиссии автомобиля	42
3.4.6. Выбор теоретических циклов для аналогов рабочих процессов поршневых и комбинированных двигателей транспортно- технологических систем в зависимости от условий эксплуатации	50
3.4.7. Турбовинтовые газотурбинные двигатели транспортных средств и их характеристики	53
3.4.8. Использование энергии движения воздуха для перемещения транспортного средства	55
3.4.9. Использование маховичных силовых агрегатов для автомобилей	58
3.5. Гусеничные, водометные, роторно-шнековые движители транспортных средств, летающие автомобили	67
3.5.1. Гусеничные движители транспортных средств	67

3.5.2. Водометные движители транспортных средств	70
3.5.3. Роторно-шнековые движители наземных транспортных средств и болотоходов. Летящие автомобили	74
3.6. Транспортные средства на воздушной подушке, экранопланы и скеговые транспортные средства	75
3.6.1. Транспортные средства на воздушной подушке	75
3.6.2. Экранопланы.....	81
3.6.3. Скеговые транспортные средства.....	82
3.7. Примеры современных конструкций грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности и их ДВС	84
3.7.1. Автомобили ОАО ГАЗ 2000...2008 гг.	84
3.7.2. Автомобильные двигатели ОАО ЗМЗ и ОАО ЯМЗ	87
ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ	94
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	96
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	97

1. ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Курс «Введение в специальность «Автомобили и автомобильное хозяйство» должен дать студенту представления об избранной специальности, что будет способствовать привитию навыков активного участия в учебном процессе.

Целью преподавания дисциплины является формирование у студентов системы представлений о важности и необходимости изучаемых в высшем учебном заведении дисциплин для приобретения научных и профессиональных знаний и навыков в области автомобильного транспорта. Эти навыки должны быть направлены на использование в народном хозяйстве новых экономических и организационных систем, обеспечивающих в условиях современного хозяйственного механизма работоспособность автомобильного транспорта при рациональных материальных и энергетических затратах.

Основными задачами изучения являются следующие:

- студент первого курса должен иметь начальные представления об избранной специальности;
- студент должен усвоить знания по характеристике производственной деятельности специальности 190601 и соответствующих специализаций;
- студент должен иметь навыки по выполнению основных расчетов по оценке эффективности работы автотранспорта, усвоить знания по характеру производственной деятельности по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство».

Студент также должен получить первоначальные знания о единой транспортной системе, о подвижном составе автомобильного транспорта, о техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств, о видах и характере работы автотранспортных средств, о видах и характере работы автотранспортных предприятий.

Объектами профессиональной деятельности инженеров будут являться предприятия и организации автотранспортного комплекса различных форм собственности.

Инженер по специальности 190601 должен обладать соответствующей фундаментальной подготовкой для следующих видов деятельности: профессионально-технологической; проектно-конструкторской; производственно-управленческой; научно-исследовательской; по эксплуатационному и сервисному обслуживанию автотранспортных средств; по учебно-производственной деятельности.

В списке литературы указаны учебники для изучения разделов читаемого курса. Кроме того, учащимся рекомендуется знакомиться с литературой и нормативными актами, регламентирующими работу автомобильного транспорта, а также с соответствующими публикациями технических журналов, автомобильных справочников и другими материалами. Учебная дисциплина изучается на лекциях, а также при выполнении самостоятельной работы.

2. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Курс «Введение в специальность «Автомобили и автомобильное хозяйство» (часть 2) является продолжением аналогичного курса (часть 1) и содержит следующие основные темы:

Тема 1. Исторические проблемы развития транспорта

История транспорта и первые этапы становления различных видов транспортных средств, начиная от древнейших времён и до конца XIX в. Способы совершенствования транспортных средств. Экологические проблемы современного транспорта. Возникновение и развитие различных видов транспорта.

Тема 2. Роль автомобильного транспорта в народном хозяйстве и история его развития в первой половине XX века в нашей стране

Рост грузооборота отечественного транспорта. Классификация различных видов транспорта и их совершенствование в зависимости от потребностей перевозочных процессов для народного хозяйства. Автомобильные транспортные и специальные виды транспорта. Типы автомобилей и способы их совершенствования. Внедорожные автомобили.

Тема 3. Основные открытия, использованные при конструировании транспортных средств и создании двигателей для них

Законы и формулы для расчетов прочности конструкций транспортных средств: закон Р. Гука, формула Л. Эйлера, закон Б. Паскаля, уравнение Д. Бернулли, формула Стокса, уравнение Клапейрона–Менделеева, эффект самоиндукции, основы процессов работы солнечных автомобильных батарей, фотоэффект. История использования указанных зависимостей для создания элементов устройств и конструкций автотранспортных средств.

Тема 4. Особенности работы силовых агрегатов и элементов трансмиссии автотранспортных средств

Действительные циклы автомобильных двигателей. Конструкционные схемы ДВС, действительные индикаторные диаграммы, тепловой баланс ДВС. Расчетные и экспериментальные способы исследования теплового баланса. Нагружение деталей кривошипно-шатунного механизма, уравнивание его деталей. Элементы трансмиссии автомобиля, оценка характера их нагружения для коробок перемены передач, карданных валов, главных передач, дифференциалов. Динамические и скоростные качества некоторых отечественных автомобилей в зависимости от их мощностных и экономических данных. Выбор теоретических циклов для поршневых ДВС транспортных машин в связи с историей совершенствования рабочих процессов силовых агрегатов. Турбовинтовые газотурбинные двигатели транспортных средств и их характеристика. Использование воздушных винтов для транспортных средств и «винтовые» характеристики ДВС. Маховичные и гибридные схемы силовых агрегатов колесных автотранспортных средств.

Тема 5. Гусеничные, водомётные, роторно-шнековые движители транспортных средств, летающие автомобили

Основные элементы и принципы действия гусеничных движителей, их характеристики: привод, элементы гусеницы, механизмы натяжения гусениц, примеры конструкций транспорта. Водометные движители, их устройство, действие, характеристики. Меры по предотвращению попадания воды в цилиндры транспортных ДВС.

Роторно-шнековые движители внедорожных транспортных средств, лыжно-шнековые транспортные внедорожные средства: примеры конструкций.

Примеры конструкций легких трансформируемых конструкций летающих автомобилей.

Тема 6. Транспортные средства на воздушной подушке, экранопланы и скеговые транспортные средства

Основные элементы конструкций и их разновидностей транспортных средств на воздушной подушке. Типы воздушных подушек (ВП), схемы подачи воздуха в несущие камеры транспортных средств, проходимость аппаратов на воздушной подушке, удельное давление на грунт. Движители аппаратов на ВП: гребные винты, водометные движители, воздушные винты, воздушно-реактивные двигатели. Классификация транспортных средств на ВП по назначению. Хронология создания транспортных средств на ВП с 1853 г. в нашей стране и за рубежом. Основные конструкционные схемы и типы экранопланов. Скеговые транспортные средства и амфибийные суда, их характеристики.

Тема 7. Примеры современных конструкций грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности и их ДВС

Автомобили и их характеристики ОАО ГАЗ. Автомобильные двигатели и их характеристики ОАО ЗМЗ для автомобилей ГАЗ и УАЗ. Современные автомобильные двигатели ОАО ЯМЗ, особенности их конструкции, эксплуатации и систем подачи топлива.

ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН ДИСЦИПЛИНЫ

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Заочная форма обучения						
		Всего часов	Ауд.	Лекции	Лаб. работа	Самост. работа	Курсовой проект	Контрольная работа
1	Тема 1	2	0,5	0,5	–	1	–	–
2	Тема 2	3	1	1	–	1	–	–
3	Тема 3	4	1	1	–	2	–	–
4	Тема 4	6	1	3	–	2	–	–
5	Тема 5	4	1	1	–	2	–	–
6	Тема 6	3	1	1	–	1	–	–
7	Тема 7	2	0,5	0,5	–	1	–	–
Итого		24	6	8	–	10	–	–
Форма контроля знаний студентов		Зачет с оценкой						

3. ОПОРНЫЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ

3.1. ИСТОРИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТА

Достижения человеческой цивилизации неразрывно связаны с транспортными проблемами. Новый уровень задач, экономических и социальных, обозначил наступление эры научно-технического прогресса, важнейшим компонентом которой является «век новых видов транспорта».

Мы порой склонны забывать о том, что основы трубопроводного транспорта жидкостей интуитивно заложены древними гидростроителями акведуков, что пневмоконтейнерный транспорт имеет более чем 150-летнюю историю, что первые конвейеры появились более 300 лет назад.

Парус, придя на смену веслу примерно 4000 лет назад, позволил древним финикийцам достигать дельты Нила, а 2500 лет назад совершилось первое зафиксированное в исторических хрониках плавание вокруг Африки.

Многие столетия равноправно сосуществовали парусные и гребные эскадры. «Юность» мореплавания начиналась в основном с каботажного плавания: от острова к острову или вдоль береговой линии. Это был период развития человеческого общества, когда торговали и воевали преимущественно с соседями. Именно на этом этапе особую остроту приобретают проблемы экономичности транспорта. Греческие и римские триеры (суда с тремя рядами весел и медным надводным тараном), быстроходные тетеры (четыре ряда весел), пентеры (пять рядов весел) несли на своем борту 150...300 человек: гребцов, матросов, воинов, торговцев, а также груз: товары, военную технику и запасы пищи. Возможности сократить рабов-гребцов и запасы продовольствия на судах выявили несомненные достоинства паруса. Однако несовершенство такелажа тех времен вынуждало кораблестроителей создавать суда с двумя движителями: в открытом море властвовал парус, при приближении к гаваням брались за тяжелые весла рабы.

Это был, пожалуй, первый (или один из первых) успешный опыт использования одновременно двух различных видов движителей в одном транспортном средстве, впоследствии успешно примененный в различных видах транспорта: надводных и подводных судах, космических кораблях и т.д.

В средние века, когда воды океанов бороздили парусные каравеллы, было совершено множество географических открытий, парус способствовал освоению неизведанных земель и тому, что сравнительно малые европейские прибрежные государства становились ведущими морскими державами. Парус перекраивал мир, с его помощью велась торговля, под парусами происходили большие и малые морские сражения; парус в средние века стал символом технического прогресса.

В конце прошлого века, когда интенсивно работали над созданием механизированного безрельсового транспорта, электромобили достаточно успешно конкурировали с экипажами, оснащенными двигателями внутреннего сгорания. В США, например, в 1899 г. электромобилей было выпущено почти вдвое

больше автомобилей, но в дальнейшем стали развивать автомобилестроение с ДВС.

Не будем здесь давать исчерпывающий анализ причин временного поражения электромобилей, многие из них не устранены и поныне. Однако сегодня результаты успешных работ по созданию энергоемких аккумуляторных батарей сравнительно небольшой массы дают вторую жизнь этому перспективному виду городского транспорта.

Уместно вспомнить, что еще в XIII в. францисканский монах-философ Роджер Бекон, характеризуя перспективы ближайшего будущего, писал: «Можно сделать устройства, плывущие без гребцов; суда речные и морские, плывущие при управлении одним человеком скорее, чем если бы наполнены были людьми. Также могут быть сделаны колесницы без коней, движущиеся с необычной скоростью... Можно сделать летательные аппараты: человек, сидящий в середине аппарата, с помощью некоторой машины двигает крыльями наподобие птичьих... Можно построить небольшую машину, поднимающую и опускающую чрезвычайно тяжелые грузы, машину огромной пользы...». Для реализации этого прогноза (заметим, неполной реализации) человечеству потребовалось семь столетий.

Одним из действенных путей сокращения количества автомобилей в городе с целью разгрузки внутригородских магистралей можно считать создание монорельсовых транспортных систем, оснащенных автоматическими системами управления с помощью ЭВМ. Поезда, состоящие из отдельных модулей – кабинок (вместимостью до 10 чел.), формируют в процессе движения: конструкция модулей позволяет автоматически сцепляться в состав и расцепляться. Пассажир (или пассажиры) модуля с помощью достаточно простого кода указывает пункт назначения, а ЭВМ выбирает оптимальный маршрут движения. Несколько систем подобного типа уже эксплуатируются, свыше 30 проходят стадию испытаний и примерно 200 находятся в состоянии проектирования.

Вместе с тем, по мнению специалистов, радикальным способом борьбы с загрязнениями атмосферы внутри городской черты, сочетающимся с частичным решением транспортных задач, является повсеместная замена двигателей внутреннего сгорания электродвигателями. После 1990 г. имеются два принципиально различных вида транспортных средств: а) городской автомобиль – транспортное средство совершенно новой конструкции, оснащенное бесшумным электродвигателем (он позволяет, во-первых, полностью устранить возможность загрязнения атмосферы газами и, во-вторых, дает возможность на $\frac{2}{3}$ сократить те площади, которые заняты под стоянки автомобилей); б) усовершенствованный вариант современного автомобиля, въезд которого в город запрещен. Установлено, что интегральный отрицательный эффект воздействия электромобилей на окружающую среду (от момента получения электроэнергии на электростанции до момента использования ее для движения в городе) составляет лишь часть отрицательного воздействия автомобилей. Несомненными достоинствами электромобилей является их сравнительно высокая долговечность, хорошая приспособленность к прерывистому режиму движения,

малая трудоемкость технического обслуживания. Небольшие габаритные размеры также определяют их использование на стесненных городских улицах и в переулках.

Подзарядка аккумуляторных батарей в ночное время, когда основные городские приемники электроэнергии резко снижают уровень потребления, не приводит к существенной перегрузке сети. Не останавливаясь подробно на других достоинствах электромобилей, отметим, что широкое внедрение этого бесспорно перспективного вида городского транспорта ограничивают все еще недостаточно высокое качество аккумуляторных батарей, их большая масса при сравнительно низких показателях энергоемкости и мощности. Комплексные работы по устранению указанных недостатков существующих батарей интенсивно ведутся в РФ и за рубежом.

В истории человечества последовательно создавались и развивались следующие виды транспорта:

- сухопутный: вьючно-гужевой и колесный;
- водный: речной и морской (каботажный и океанский);
- трубопроводный;
- железнодорожный;
- автомобильный: дорожный и внедорожный;
- железнодорожный;
- авиационный;
- космический.

3.2. РОЛЬ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ И ИСТОРИЯ ЕГО РАЗВИТИЯ В ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЕ XX ВЕКА В НАШЕЙ СТРАНЕ

Транспорт является самостоятельной отраслью материального производства, продолжающей и завершающей процесс производства всех отраслей народного хозяйства. Он имеет огромное значение в обеспечении высоких темпов расширенного воспроизводства. Транспорт служит материальной опорой для связи между промышленностью и сельским хозяйством, между всеми отраслями народного хозяйства и экономическими районами страны. Он обеспечивает производство и обращение продукции промышленности и сельского хозяйства и удовлетворяет непрерывно возрастающие потребности населения в передвижении.

Развитие производительных сил в новых осваиваемых районах неразрывно связано с развитием тех или иных путей сообщения. Транспорт оказывает значительное влияние на географию размещения производительных сил и на уровень производительности общественного труда.

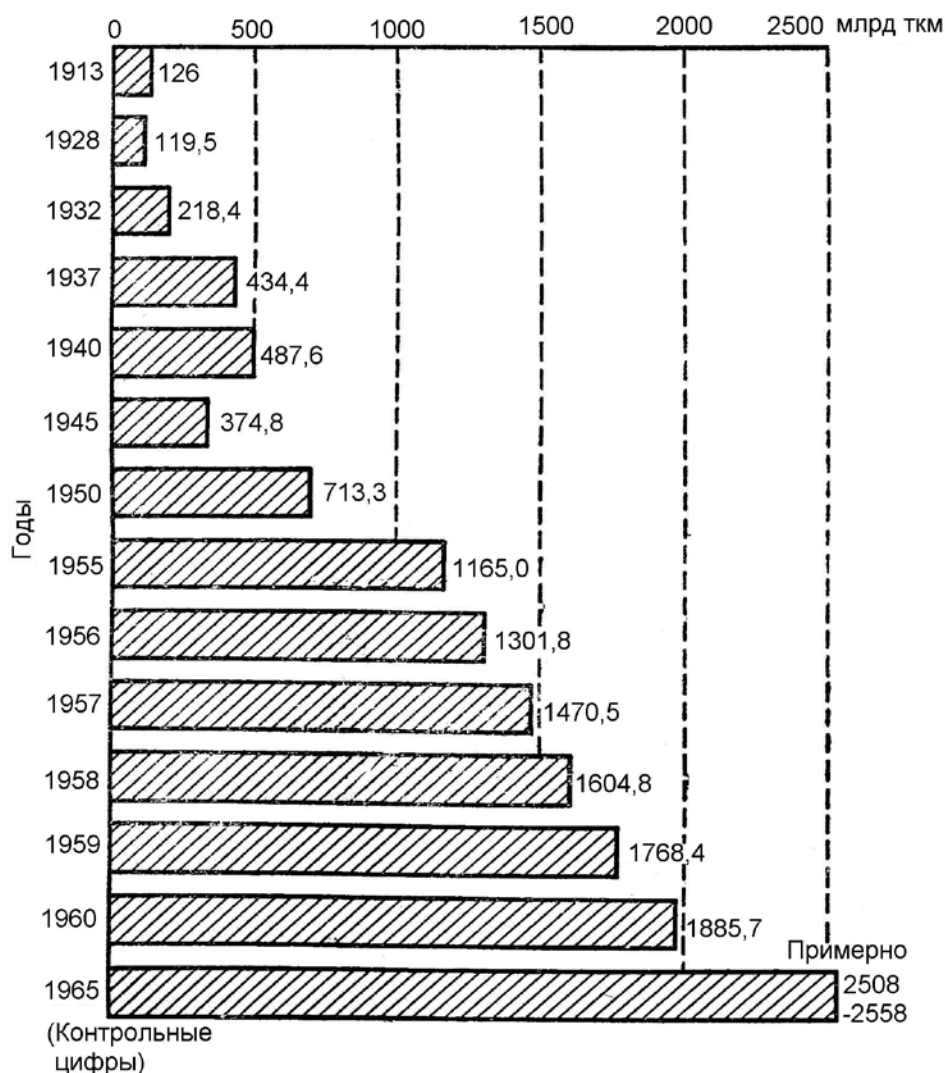


Рис. 1. Рост грузооборота всех видов отечественного транспорта (в млрд ткм)

Протяженность различных видов транспорта, образующих единую транспортную систему страны до 1960 г., характеризуется данными, приведенными в табл. 1.

Таблица 1

**Рост эксплуатационной длины транспортных путей за 1913...1960 гг.
(в тыс. км)**

Виды транспорта	Годы					
	1913	1940	1945	1950	1955	1960
Железнодорожный	72	106	113	117	121	126
Речной	65	107	117	130	132	138
Автомобильные дороги с твердым покрытием	24	143	155	177	207	271
Трубопроводный	1,1	4,1	4,4	5,4	10,4	17,3

Комплексное развитие всех видов транспорта осуществляется с учетом определения экономически наиболее целесообразных сфер использования того или иного вида транспорта в конкретных условиях каждого района страны и обеспечения наибольшей эффективности капитальных вложений в развитие транспортной сети страны.

Удельный вес различных видов транспорта в грузообороте страны представлен в табл. 2.

Таблица 2

Изменение удельного веса грузооборота различных видов транспорта (в %)

Виды транспорта	Годы					
	1913	1940	1950	1955	1958	1965
Железнодорожный	57,4	85,1	84,5	83,4	82,0	73,3
Речной	25,0	7,4	6,5	5,8	5,3	5,5
Морской	17,2	4,9	5,5	5,9	6,6	9,3
Автомобильный	0,1	1,8	2,8	3,7	4,0	4,6
Трубопроводный	0,3	0,8	0,7	1,2	2,1	7,3
Итого	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

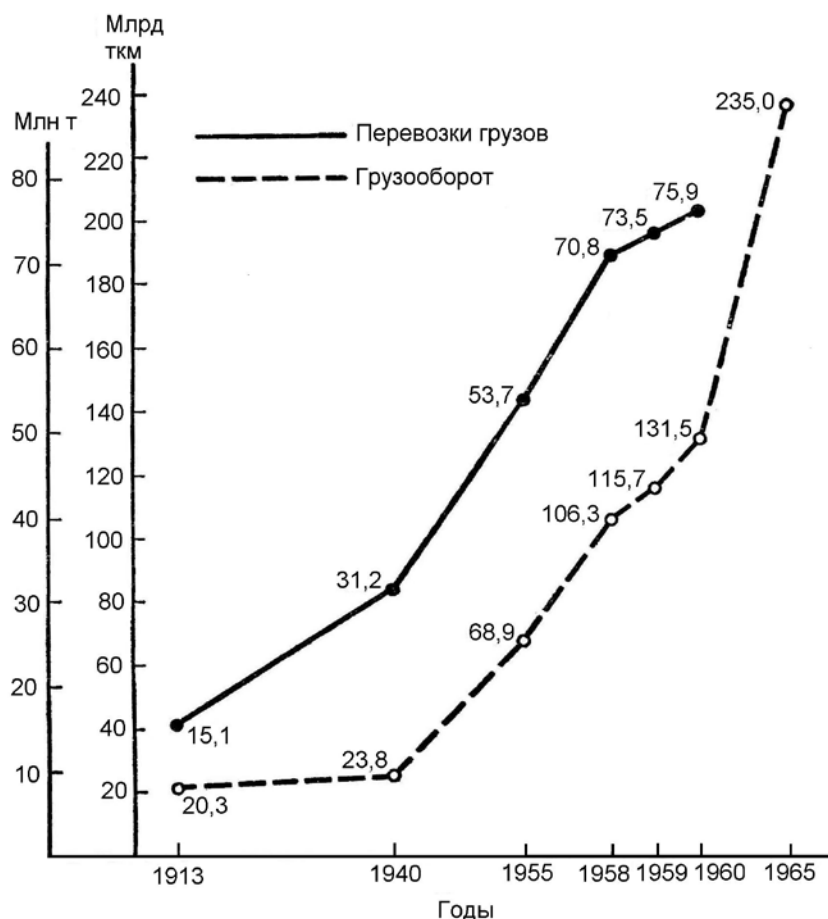


Рис. 2. Рост грузооборота и перевозок грузов морского транспорта (в млрд ткм и млн т)

В табл. 3 приведены сравнительные данные, характеризующие скорости движения в России на различных видах транспорта в первой половине XX в.

Таблица 3

Средние технические скорости движения видов транспорта в нашей стране (в км/ч)

Виды транспорта	Средние технические скорости грузового движения, км/ч	
	1960...1990	2001...2009
Железнодорожный	40...55	90...140
Речной (самоходные суда)	13...17	30...50
Морской	20...35	35...45
Автомобильный	30...45	65...80
Воздушный	300...900	500...1100

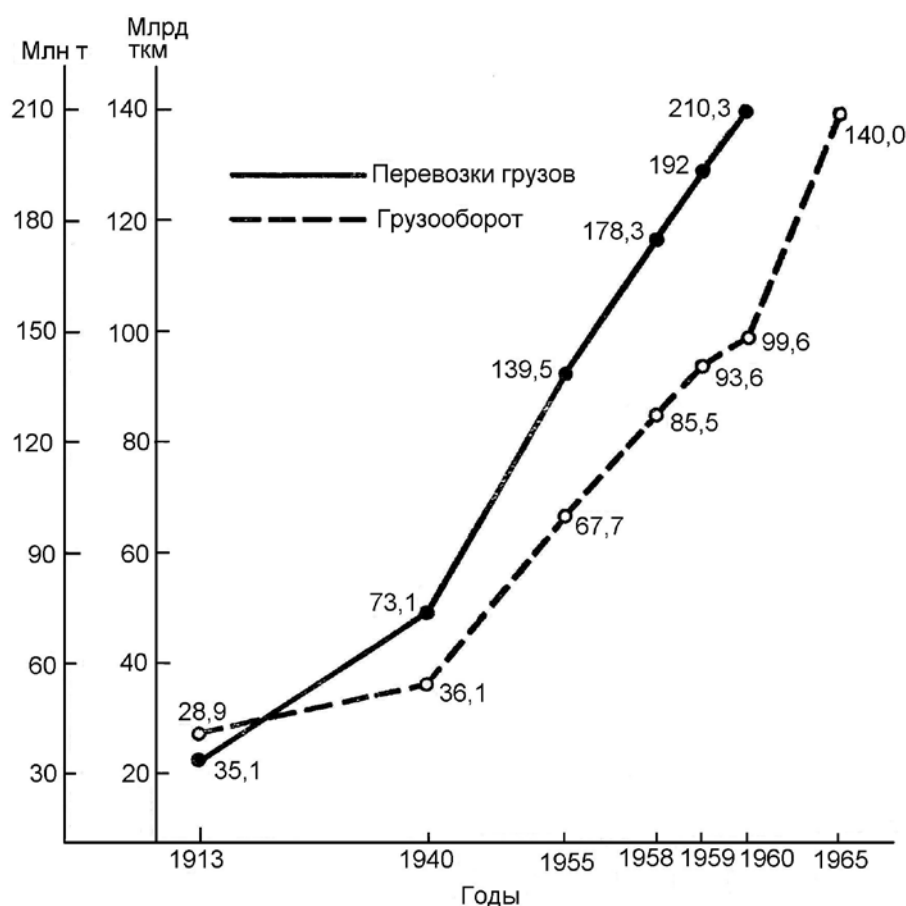


Рис. 3. Рост грузооборота и перевозок грузов речного транспорта (в млрд ткм и млн т)

Разветвленная преимущественно в меридиональном направлении сеть речных путей обеспечивает во взаимодействии с железнодорожным транспортом массовые перевозки леса, строительных материалов, угля, нефти, цемента, хлеба и других грузов.

К недостаткам речных путей сообщения следует отнести сезонность перевозок, извилистость и удлиненность речных путей, низкую техническую скорость движения, а вследствие этого – и малую скорость доставки грузов.

Речной транспорт позволяет в минимальные сроки при несравненно меньших единовременных капиталовложениях освоить новые мощные грузовые потоки. Капиталовложения на 1 км речного пути в 3,5...4,5 раза меньше, чем железнодорожного, и примерно в 6 раз меньше, чем автомобильного транспорта.

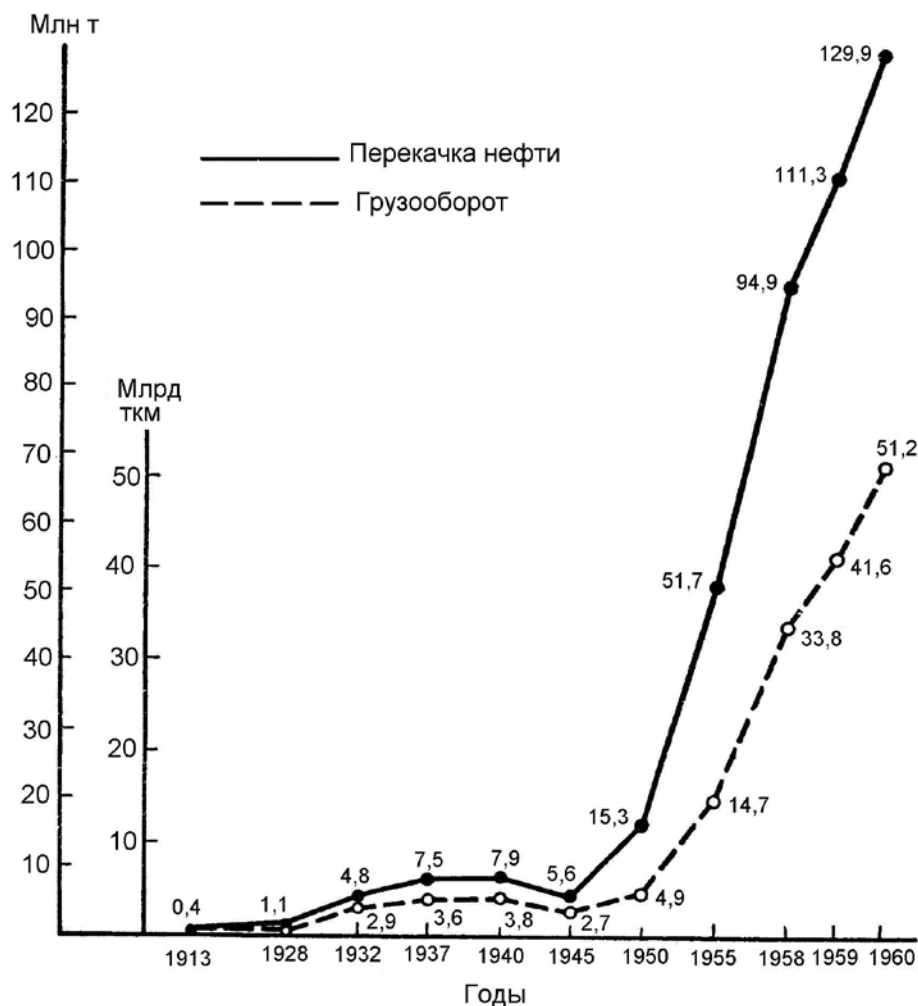


Рис. 4. Рост грузооборота и перекачки нефти магистральным трубопроводным транспортом (в млрд ткм и млн т)

Распределение перевозок между железнодорожным и автомобильным транспортом зависит от расстояния. На больших расстояниях (магистральные перевозки) всегда более эффективны перевозки железнодорожным транспортом, на малых расстояниях – перевозки автомобильным транспортом. Экономически эффективное расстояние перевозки для автомобильного транспорта зависит от вида груза и плотности транспортной сети.

Так, на дорогах, параллельных железнодорожным путям, целесообразно осуществлять автомобильные перевозки до следующих расстояний:

Уголь, руда, металл, песок, гравий, камень	125...130 км
Кирпич, цемент, металлолом, мука, сахар, зерно	165...175 км
Ткани, обувь, кондитерские изделия, хлопок	230...240 км
Фрукты, молоко, молочные изделия, овощи, живой скот	350...400 км

В районах, где слабо развита транспортная сеть, эти расстояния могут увеличиваться в 3...4 раза.

Особенно целесообразно перевозить автомобилями (даже на большие расстояния) грузы, задержка которых в пути может принести существенный ущерб предприятиям или населению.

Совершенствование смешанных сообщений заключается в улучшении транспортной экспедиции, концентрации грузовой и пассажирской работы, контейнеризации перевозок и организации погрузочно-разгрузочных работ по прямому варианту, т.е. перегрузка из одних транспортных средств в другие, минуя склад.

Космические транспортные средства используют для целей картографии, навигации и управления наземными транспортными потоками.

Автомобильные транспортные средства (подвижной состав) классифицируются по назначению и конструктивным признакам.

По назначению они разделяются на **транспортные** и **специальные**.

Транспортные предназначены для перевозки пассажиров или грузов; **специальные**, на которых монтируются различные установки (строительные, санитарные, пожарные и др.), обеспечивают передвижение и работу этих установок.

Транспортные средства делятся на грузовые и пассажирские.

Грузовые состоят из транспортных средств, имеющих кузов общего назначения (грузовая платформа), предназначенных для перевозки большинства грузов, и специализированных с кузовом специальной конструкции – для перевозки одного вида груза или группы грузов.

Пассажирские состоят из автобусов (городские, междугородных и специального назначения) и легковых автомобилей.

По конструктивным признакам автомобильные транспортные средства разделяются на **автомобили**, **тягачи** и **прицепы**.

Автомобили различаются по роду двигателя, проходимости, грузоподъемности (грузовые), вместимости (автобусы и легковые).

Тягачи разделяются на седельные и буксирные.

К **прицепному составу** относят прицепы, полуприцепы, прицепные оси (ропуски), прицепы специальных типов (тяжеловозы, санные и др.).

Автомобили. В зависимости от рода установленного двигателя автомобили бывают следующих типов.

Автомобили с карбюраторными двигателями (с поршневым или роторным двигателем внутреннего сгорания с искровым воспламенением, работаю-

щим на легком топливе) являются наиболее распространенными среди легковых и грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности и в настоящее время составляют основную часть парка автомобилей.

Дизельные автомобили (с поршневым двигателем внутреннего сгорания с воспламенением от сжатия, работающим на тяжелом жидком топливе) имеют преимущественное распространение как грузовые автомобили большой грузоподъемности и многоместные автобусы.

Газобаллонные автомобили (с поршневым двигателем внутреннего сгорания, работающим на сжатых или сжиженных газах) применяются в городах и районах, которые имеют газопроводы от крупных газовых месторождений или мощную газовую промышленность. В качестве топлива для таких автомобилей применяют сжатые и сжиженные горючие газы, полученные в виде отходов производства при переработке нефти и каменного угля, природные газы и газы, специально полученные для этой цели.

Ресурсы горючих газов в РФ очень велики. Многие источники их находятся в местах, значительно удаленных от районов добычи нефти, что позволяет использовать эти газы как местное топливо.

Газотурбинные автомобили (с двигателем внутреннего сгорания турбинного типа, работающим на жидком топливе) пока большого распространения не получили, но можно ожидать, что их будут применять на автомобилях очень большой грузоподъемности, мощных тягачах и на скоростных междугородных автобусах.

Электрические автомобили (с электрическим двигателем, работающим от аккумуляторных батарей) применяют для городских перевозок легковесных и мелкопартионных грузов. Преимуществом электрических автомобилей при работе в городских условиях является их хорошая приемистость, бесшумность и отсутствие отработавших газов. Недостатки этих автомобилей – малый радиус действия (50...70 км) и значительный собственный вес из-за большого веса аккумуляторных батарей, достигающего 75...125 % от полезной нагрузки.

Автомобили с двигателем, работающим на атомной энергии, пока не получили распространения вследствие затруднений, связанных с наличием реактора на автомобиле.

Применяющийся в настоящее время на автомобилях двигатель внутреннего сгорания имеет два основных недостатка: низкий коэффициент полезного действия и токсичность отработавших газов. Эти дефекты нельзя полностью устранить. В связи с этим все более расширяются исследования, направленные на замену двигателя внутреннего сгорания другими силовыми установками. К их числу относятся, прежде всего, электродвигатели, работающие от различного типа аккумуляторных батарей.

По признаку проходимости автомобили подразделяются: на *дорожные* (ограниченной проходимости) для движения, главным образом, по дорогам (в том числе и по грунтовым); *повышенной и высокой проходимости*, которые могут работать в тяжелых дорожных условиях и по бездорожью; *внедорожные* (карьерные) *автомобили* для работы в условиях специальных дорог.

Автомобили повышенной и высокой проходимости в зависимости от конструкции движителя разделяются на колесные, полугусеничные, колесно-гусеничные, автомобили-амфибии и автомобили на воздушной подушке.

Для *колесных автомобилей* повышенной проходимости количество осей принято обозначать двумя цифрами, из которых первая показывает общее количество осей на автомобиле, а вторая – количество ведущих из них, например, 2×2; 3×3; 3×2; 4×4 и т. п.

В некоторых конструкциях одна из осей может опускаться или приподниматься над поверхностью дороги, что дает возможность повысить проходимость в тяжелых дорожных условиях и уменьшить сопротивление качению при движении по хорошим дорогам. Колесные автомобили повышенной проходимости должны обладать следующими основными свойствами: большой силой тяги для преодоления значительного дорожного сопротивления, высокой надежностью и прочностью, высокой маневренностью, хорошей приспособленностью ведущих колес к неровностям пути, возможностью преодолевать препятствия (канавы, броды), значительными просветами и углами свесов (углы проходимости) и достаточно высокими экономичностью и скоростью движения.

Полугусеничные автомобили – автомобили высокой проходимости, которые могут двигаться по заболоченным грунтам и снежной целине. Полугусеничные автомобили, сконструированные специально для движения по снегу, называются *снегоходами*.

Колесно-гусеничные автомобили – автомобили, имеющие сменные гусеничные движители и колеса.

Плавающие автомобили-амфибии могут преодолевать водные препятствия. Такие автомобили имеют водонепроницаемый кузов, специальный винтовой движитель (гребной винт) и выполнены на базе многоприводных колесных автомобилей.

Автомобили на воздушной подушке. Применение таких автомобилей считается перспективным в условиях бездорожья. Принцип «воздушной подушки» заключается в подъеме транспортного средства на небольшую высоту путем подачи воздуха в полость между ним и дорогой; частичная герметизация полости достигается при помощи гибких завесей, свешивающихся по периметру. Получают применение также автомобили, у которых воздушная подушка используется для частичной разгрузки колес в условиях бездорожья (конвертированные автомобили), что значительно повышает проходимость благодаря уменьшению давления колес.

Недостатком автомобилей на воздушной подушке являются большой расход топлива, малая маневренность, а также пыле- и брызгообразование.

Тягачи. Их подразделяют на автомобили-тягачи, седельные и буксирные.

Седельные тягачи работают в сочетании с полуприцепом, часть веса которого передается на шасси тягача. Для этого на раме тягача установлено опорно-цепное устройство (седло).

Буксирные тягачи выполняются на базе двух- и трехосных шасси грузового автомобиля, буксируют прицепы, для чего оборудуются сцепными устройствами.

Для буксирных тягачей величина сцепного веса может быть увеличена путем применения балласта. Поэтому такие тягачи иногда называют *балластными*. На их раме устанавливаются небольших размеров кузовы.

3.3. ОСНОВНЫЕ ОТКРЫТИЯ, ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ПРИ КОНСТРУИРОВАНИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И СОЗДАНИИ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ НИХ*

Закон Гука

Закон Р. Гука (1635...1703) является одним из фундаментальных в курсах расчетов автомобильных деталей и агрегатов на прочность.

Деформация растяжения и сжатия. Возникающее удлинение образца Δl под действием внешней силы F пропорционально величине действующей силы, первоначальной длине l и обратно пропорционально площади поперечного сечения S :

$$\Delta l = \frac{1}{E} \frac{lF}{S}, \quad (1)$$

где $1/E$ – коэффициент пропорциональности. Формула (1) выражает закон Гука.

Величина E называется *модулем упругости первого рода* или *модулем Юнга* и характеризует упругие свойства материала. Величина $F/S=p$ называется *напряжением*.

Деформация стержней любых длин и сечений (образцов) характеризуется величиной, называемой *относительной продольной деформацией*, $\varepsilon = \Delta l/l$. Закон Гука для образцов любых форм:

$$p = E\varepsilon.$$

Модуль Юнга численно равен напряжению, увеличивающему длину образца в два раза. Однако разрыв образца наступает при значительно меньших напряжениях. На рис. 5 графически изображена экспериментальная зависимость p от ε , где p_{\max} – предел прочности, т.е. напряжение, при котором на стержне получается местное сужение (шейка), $p_{\text{тек}}$ – предел текучести, т.е. напряжение, при котором появляется текучесть (т.е. увеличение деформации без увеличения деформирующей силы), $p_{\text{упр}}$ – предел упругости, т. е. напряжение, ниже которого справедлив закон Гука.

* Исторические сведения о развитии вычислительных методов приведены в *прил. 3*.

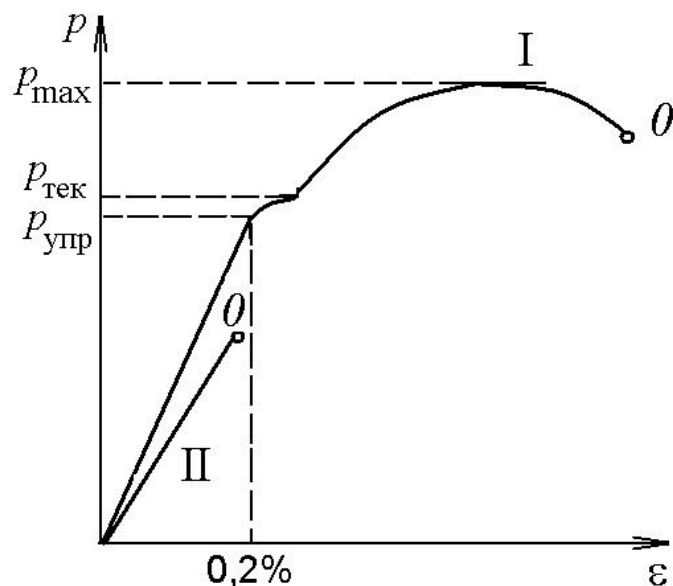


Рис. 5. Зависимость напряжения от относительной продольной деформации:
 кривая I относится к пластичному материалу, а кривая II – к хрупкому.
 Точки O характеризуют разрушение материала

Соотношения между упругими постоянными. Модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль объемной упругости и модуль сдвига связаны между собой уравнениями:

$$G = \frac{E}{2(1 + \mu)}; \quad K = \frac{E}{3(1 - 2\mu)},$$

которые по двум известным упругим характеристикам позволяют рассчитать остальные.

Потенциальная энергия упругой деформации определяется по формуле

$$E_{\text{п}} = \frac{1}{2} F \Delta l,$$

где F – сила упругости, а Δl – величина деформации.

Единицы измерения модулей упругости:

$$\text{Н/м}^2 \text{ (СИ)}, \quad \text{дин/см}^2 \text{ (СГС)}, \quad \text{кг/м}^2 \text{ (МКГСС)} \quad \text{и} \quad \text{кг/мм}^2;$$

$$1 \text{ кг/мм}^2 = 9,8 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2 = 9,8 \cdot 10^7 \text{ дин/см}^2 = 10^8 \text{ кг/м}^2.$$

Формула Эйлера для определения прочности нагруженного стержня

При нагружении вертикального стержня длиной l с шарнирно-опёртыми концами критическая нагрузка $P_{\text{кр}}$ может быть определена по выражению

$$P_{\text{кр}} = \frac{\pi^2 EJ}{l^2} \quad (\text{Н}),$$

где E – модуль продольной упругости (модуль Юнга); J – момент инерции поперечного сечения нагруженного стержня; l – длина нагруженного стержня (м).

Академик Петербургской Академии наук математик Леонард Эйлер впервые в 1759 г. теоретически решил задачу об определении критической силы для сжатых стержней. При проектировании и расчетах автомобилей формула Эйлера достаточно широко используется при решении прочностных задач. Из формулы Л. Эйлера следует, что критическая сила обратно пропорциональна квадрату длины нагруженного стержня, что также применяется при прочностных и тепловых расчетах с использованием методов конечных разностей (МКР), методов конечных элементов (МКЭ) и методов граничных элементов (МГЭ).

Закон Паскаля

Все расчеты элементов систем питания, охлаждения и выпуска газов ДВС, включая изобретения, базируются на законах Б. Паскаля (1623...1662) и Д. Бернулли (1700...1782). На этих же зависимостях базируются конструктивные решения для гидравлических автомобильных тормозов, гидроусилителей руля и т.п.

Внешнее давление на жидкость или газ передается во все стороны равномерно (*закон Паскаля*).

Столб жидкости или газа, находясь в однородном поле тяготения, создает давление, обусловленное весом этого столба. Если жидкость и газ считать несжимаемыми, то давление

$$p = \rho gh,$$

где ρ – плотность жидкости или газа; g – ускорение свободного падения; h – высота столба. Величина давления не зависит от формы столба, а определяется только его высотой.

В сообщающихся сосудах высоты столбов жидкостей обратно пропорциональны плотностям жидкостей:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{\rho_2}{\rho_1}.$$

Тело, погруженное в жидкость или газ, испытывает действие выталкивающей силы, равное весу вытесненной им жидкости или газа (*закон Архимеда*).

Уравнение Бернулли

Течение жидкости, или газа называют стационарным, если скорость и давление остаются постоянными в каждой точке пространства, где протекают жидкость или газ.

В этом случае через любое поперечное сечение трубы в единицу времени проходят равные объемы жидкости:

$$S_1 \omega_1 = S_2 \omega_2,$$

где S_1 и S_2 – площади двух разных сечений трубы, а ω_1 и ω_2 – скорости жидкости в этих сечениях. При изменении сечения трубы меняется не только ско-

рость движущейся жидкости, но и давление, так что в любом сечении (при стационарном движении идеальной жидкости) выполняется условие

$$\left. \begin{aligned} p + \rho gh + \frac{1}{2} \rho \omega^2 &= \text{const}, \\ p_1 + \rho gh_1 + \frac{\rho \omega_1^2}{2} &= p_2 + \rho gh_2 + \frac{\rho \omega_2^2}{2}, \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где p – давление; ρ – плотность жидкости; h – высота данного сечения трубы над некоторым уровнем; ω – скорость движения жидкости в данном сечении трубы (рис. 6,а).

Уравнение (2) называется *уравнением Бернулли*. Из этого уравнения следует *закон Торричелли*:

$$\omega^2 = 2gH, \quad (3)$$

где ω – скорость частиц жидкости при вытекании из малого отверстия в сосуде; H – высота поверхности жидкости над отверстием (рис. 6,б).

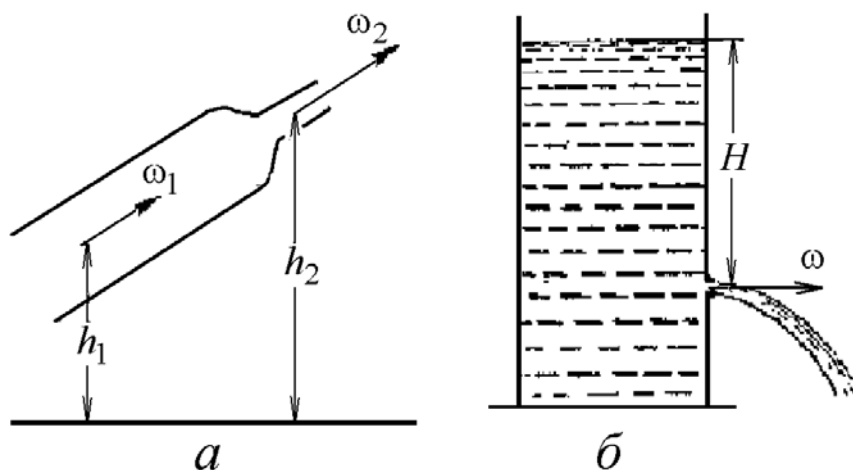


Рис. 6. Движение жидкости:

a – пояснение к формуле (2); *б* – вытекание жидкости из малого отверстия

Формула Стокса

Все расчеты элементов систем фильтрации топлива и масла, а также работа воздухоочистителей ДВС основаны на использовании формулы Стокса.

При движении в жидкости твердого тела (например, шара) ближайший слой жидкости прилипает к нему и движется вместе с ним; остальные слои скользят друг относительно друга. Сила, действующая на твердое тело, движущееся внутри вязкой среды (жидкости или газа), и направленная противоположно скорости тела, называется *сопротивлением среды*. Если при движении тела за ним не возникает завихрений, то сопротивление среды пропорциональ-

но скорости тела v . В частном случае при движении шара радиусом R сопротивление среды

$$F = 6\pi\eta Rv, \quad (4)$$

где η – коэффициент внутреннего трения или вязкость.

Единицы измерения коэффициента внутреннего трения: кг/м·с (СИ), г/см·с – пуаз (СГС);

$$1 \text{ кг/м·с} = 10 \text{ г/см·с.}$$

Формула (4) называется *формулой Стокса*.

Скорость равномерного (установившегося) падения шарика малых размеров в вязкой жидкости определяется по формуле

$$\tau = g \frac{\rho - \rho_{\text{ж}}}{\eta} \frac{2R^2}{9},$$

где ρ – плотность шарика; R – его радиус; $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости; η – ее вязкость; g – ускорение свободного падения.

Объем жидкости, протекающей в единицу времени по капиллярной трубке радиусом R и длиной l при разности давлений $p_1 - p_2$ на концах трубки, равен

$$V = \frac{1}{\eta} \frac{\pi R^4}{8l} (p_1 - p_2).$$

Вязкость жидкости и газа в значительной степени зависит от температуры.

Переход жидкости в газообразное состояние называется *испарением*; обратный переход называется *конденсацией*. Испарение твердых тел называется *сублимацией*. Молекулы, имеющие наибольшие скорости, при испарении вылетают через свободную поверхность тела, которое вследствие этого охлаждается.

Испарение, происходящее не только на поверхности, но и внутри жидкости, называется *кипением*. Кипение происходит при постоянной (для данного внешнего давления) температуре. Эта температура называется *температурой кипения*. Она остается постоянной во время кипения. Коэффициент изменения температуры кипения воды с давлением равен приблизительно $1/26,12$ град/мм рт. ст.

Количество тепла, которое необходимо сообщить телу для того, чтобы перевести его в пар, называется *теплотой испарения* (или *теплотой парообразования* – при кипении):

$$Q = rm,$$

где m – масса испарившегося вещества; r – *удельная теплота испарения* (парообразования), равная теплоте испарения единицы массы.

При конденсации пара происходит выделение тепла; теплота парообразования равна теплоте конденсации.

Испарение жидкости в открытом сосуде может продолжаться до полного исчезновения жидкости. В закрытом сосуде испарение жидкости продолжается до установления равновесия между массой вещества, находящегося в жидком состоянии, и массой пара. При этом равновесии будут наблюдаться процессы испарения и конденсации, компенсирующие друг друга. Такое равновесие называется *динамическим*. Пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью, называется *насыщающим* (или *насыщенным*).

Кипение происходит при такой температуре, когда давление насыщающих паров жидкости равно внешнему давлению.

С повышением температуры увеличиваются давление и плотность насыщающего пара, а плотность жидкости уменьшается. Кривая, изображающая зависимость давления насыщенного пара от температуры, называется *кривой испарения*, или *линией насыщения*.

Уравнение Клапейрона–Менделеева

Уравнение Клапейрона–Менделеева, законы Шарля и Гей-Люссака являются фундаментальными физическими законами для расчетов рабочих процессов транспортных ДВС.

Свойства большинства веществ, находящихся в газообразном состоянии, при обычных условиях могут быть описаны уравнением

$$pv = \frac{m}{\mu} RT. \quad (5)$$

Это уравнение называется *уравнением состояния идеального газа*, или *уравнением Клапейрона–Менделеева*. Здесь p – давление газа; v – объем, занимаемый m килограммами (граммами) газа; μ – килограмм-моль (грамм-моль); R – универсальная газовая постоянная; T – температура по термодинамической шкале.

Килограмм-моль (грамм-моль) – число килограммов (граммов) вещества, численно равное молекулярному весу.

В одном моле любого вещества находится одинаковое число молекул. Это число молекул называется *числом Авогадро* N_A :

$$N_A = 6,02 \cdot 10^{26} \text{ кг} \cdot \text{моль}^{-1} = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ г} \cdot \text{моль}^{-1}.$$

Уравнение Клапейрона–Менделеева можно применять (в первом приближении) к любым веществам в газовом состоянии, если плотность этих веществ меньше плотности их насыщенных паров при тех же температурах.

Из уравнения изохорического процесса получают законы Гей-Люссака, Шарля и Бойля–Мариотта. При постоянных p и m (так как $R = \text{const}$, а μ постоянно для данного вещества)

$$v_1 = v_0 \frac{T_1}{T_0},$$

где v_0 и T_0 – объем и температура газа при 0°C . Отсюда следует закон Гей-Люссака (уравнение изобарического процесса):

$$v_1 = v_0 \left(1 + \frac{1}{273} t \right),$$

где t – температура в °С.

При постоянных v и m получается закон Шарля (уравнение *изохорического процесса*):

$$p = p_0 \left(1 + \frac{1}{273} t \right). \quad (6)$$

При постоянных T и m (*изотермический процесс*) получается закон Бойля–Мариотта:

$$p_1 v_1 = p_2 v_2.$$

Величина $\alpha = 1/273,15$ град⁻¹ называется *коэффициентом объемного расширения* или *термическим коэффициентом давления* идеального газа. Для реальных газов при давлениях, близких к атмосферному или бóльших, соответствующие коэффициенты несколько отличаются от этой величины.

Плотность газа ρ может быть найдена из уравнения (5), если известны давление p , температура T и молекулярный вес газа:

$$\rho = \frac{m}{v} = \frac{\mu p}{RT}.$$

При изотермическом расширении (которое характеризуется постоянством температуры) газ производит работу против внешних сил давления. Эта работа осуществляется в основном за счет подводимой из окружающей среды теплоты. Температура газа и окружающей среды не изменяется. При сжатии газа выделяется теплота, которая передается в окружающую среду.

При изменении объема газа без теплообмена с окружающей средой (*адиабатический процесс*) давление и объем постоянной массы газа связаны уравнением адиабаты:

$$p v^\gamma = \text{const},$$

где $\gamma = \frac{c_p}{c_v}$, c_p , c_v – теплоемкости газа при $P=\text{const}$ или $V=\text{const}$.

Если плотность газа становится сравнимой с плотностью насыщающего пара при данной температуре, то наблюдаются значительные отступления от уравнения состояния идеального газа. В этом случае необходимо учитывать силы взаимодействия молекул газа и занимаемый ими объем. Такой учет приводит к уравнению реального газа. Наиболее широко используется уравнение Ван-дер-Ваальса:

$$\left[p + \left(\frac{m}{\mu} \right)^2 \frac{a}{v^2} \right] \left(v - \frac{m}{\mu} b \right) = \frac{m}{\mu} RT,$$

где v – объем, занимаемый m килограммами (граммами) газа; μ – кг-моль (г-моль), а a и b – постоянные Ван-дер-Ваальса, которые могут быть определены по критическим параметрам для одного моля газа – объему $v_{кр}$, давлению $p_{кр}$ и температуре $T_{кр}$ вещества:

$$a = 3p_{кр}v_{кр}^2, \quad b = \frac{1}{3}v_{кр}, \quad K = \frac{8}{3} \frac{v_{кр}p_{кр}}{T_{кр}}.$$

Оценка изменения плотности воздуха в зависимости от высоты при наполнении цилиндров транспортных ДВС

С молекулярной точки зрения газ представляет собой большое число свободно перемещающихся частиц (молекул или атомов). Эти частицы движутся с различными скоростями; сталкиваясь, они изменяют свои скорости.

Средняя длина пути, проходимого молекулой между двумя ближайшими соударениями, называется *длиной свободного пробега*. Длина свободного пробега в газе

$$l = -\frac{kT}{\sqrt{2}\pi\sigma^2 p},$$

где $k = R/N_A$ – постоянная Больцмана; σ – диаметр молекул; T – температура по шкале Кельвина; N_A – число Авогадро; p – давление; R – универсальная газовая постоянная.

Давление газа обусловлено ударами отдельных молекул о стенки сосуда. Оно равно

$$p = \frac{1}{3}nmv_K^2 = nkT,$$

где n – число молекул в единице объема; $v_K = \left(\frac{v_1^2 + v_2^2 + \dots + v_n^2}{n} \right)^{\frac{1}{2}}$ – средняя квадратичная скорость.

Парциальным давлением газа, входящего в состав смеси, называется такое давление, которое давал бы этот газ, находясь один в данном объеме при той же самой температуре.

В смеси идеальных газов, которые не вступают в химическую реакцию, общее давление равно сумме парциальных давлений, составляющих смесь газов (*закон Дальтона*).

$$p = p_1 + p_2 + \dots + p_n.$$

Средняя кинетическая энергия одной молекулы идеального газа зависит только от температуры:

$$E = \frac{1}{2}ikT,$$

где $i = 3$ для одноатомных; $i = 5$ для двухатомных; $i = 6$ для многоатомных газов.

Кинетическая энергия одного моля идеального газа

$$E_{\mu} = \frac{1}{2}iRT.$$

Молекулы, которые обладают скоростями, бóльшими скорости убегания, могут покинуть верхние слои атмосферы и уйти в мировое пространство.

Атмосфера представляет собой смесь газов, находящихся в поле тяготения планеты, которую она окружает. Давление атмосферы падает с увеличением расстояния h от поверхности планеты. Если принять, что температура атмосферы не зависит от высоты, то

$$p = p_0 e^{-\mu gh / RT}, \quad (7)$$

где μ – средний молекулярный вес смеси газов, составляющих атмосферу; g – ускорение свободного падения вблизи поверхности планеты; R – универсальная газовая постоянная; T – температура по шкале Кельвина; p_0 – давление атмосферы у поверхности планеты; e – основание натуральных логарифмов ($e \approx 2,72$). Соотношение (7) называется *барометрической формулой*.

В случае Земли эта формула может быть написана в виде

$$h = 80001g \frac{p_0}{p},$$

где h – высота, выраженная в метрах.

Для расчетов парообразования в транспортных паровых машинах обычно используют данные табл. 4.

Таблица 4

Поверхностное натяжение воды при различных температурах
(α , 10^{-3} Н/м)

Температура, °С	0	30	60	90	120	150	180	210	240
Вещество									
Вода	75,6	71,18	66,18	60,75	54,9	48,63	42,25	35,4	28,57

Таблица 5

Стандартная атмосфера
(p_0 и ρ_0 – давление и плотность воздуха при нормальных условиях)

Высота, м	Давление, p/p_0	Плотность, ρ/ρ_0	Температура, °С	Высота, м	Давление, p/p_0	Плотность, ρ/ρ_0	Температура, °С
0	1	1	15	6000	0,465	0,538	-24
1000	0,887	0,907	8,5	7000	0,405	0,481	-30,5
2000	0,784	0,822	2	8000	0,351	0,428	-37
3000	0,692	0,742	-4,5	9000	0,303	0,381	-43
4000	0,608	0,669	-11	10000	0,261	0,337	-50
5000	0,533	0,601	-17,5				

**Использование эффекта самоиндукции в форсунках А.М. Исаева
с электромагнитным запирающим подачу топлива для дизельных ДВС**

При любом изменении тока в проводнике возникает ЭДС индукции, которая возбуждается магнитным потоком этого тока. Такое явление называется *самоиндукцией*.

ЭДС самоиндукции можно найти из формулы

$$\varepsilon = -L \frac{\Delta i}{\Delta t},$$

где L – коэффициент самоиндукции, или индуктивность, $\Delta i/\Delta t$ – скорость изменения тока; L зависит от формы и размеров проводника и от свойств среды.

За единицу измерения индуктивности в системе СИ принимается генри (Гн), в СГСМ – сантиметр (см).

Один генри есть индуктивность такого проводника, в котором при изменении тока в один ампер за одну секунду возникает ЭДС самоиндукции, равная одному вольту:

$$1 \text{ Гн} = 10^9 \text{ см.}$$

Все формулы этого параграфа даны в системах СГСМ и СИ. Индуктивность соленоида с сердечником:

$$L = k \frac{4\pi\mu SN^2}{l}; \quad L = k \frac{\mu\mu_0 SN^2}{l},$$

где μ – магнитная проницаемость; N – число витков; S – площадь поперечного сечения соленоида; l – длина катушки; k – коэффициент, зависящий от отношения длины катушки к диаметру катушки l/d . Значения k приводятся в табл. 6.

Таблица 6

Значения коэффициента k для расчета индуктивности

Отношение длины катушки к диаметру (l/d)	0,1	0,5	1	5	10
k	0,2	0,5	0,6	0,9	~ 1,0

Примечание. Для l/d величина $k \approx 1$.

Заметим, что при L по формуле (4.65) учитывается, что величина μ для ферромагнетиков зависит от формы сердечника.

Основы процессов работы солнечных батарей для движения электромобилей

Электромагнитные волны, падая на поверхность тела, производят механическое давление (называемое *радиационным*, или *давлением излучения*).

Величина радиационного давления составляет:

$$p = \frac{W}{c}(1 + \rho),$$

где W – количество лучистой энергии, падающей нормально на 1 см^2 поверхности за 1 с; c – скорость света; ρ – коэффициент отражения.

Давление, которое производят на земную поверхность солнечные лучи, в яркий день, равно приблизительно $0,4 \text{ дин/м}^2$ ($4 \cdot 10^{-5} \text{ дин/см}^2$).

Энергия любого вида электромагнитного излучения, в том числе и светового, всегда состоит из отдельных порций. Эти порции энергии, обладающие свойствами материальной частицы, называются *квантами излучения* или *фотонами*. Фотон – это элементарная частица. Энергия фотона ε зависит от частоты излучения ν :

$$\varepsilon = h\nu,$$

где $h = 6,625 \cdot 10^{-27}$ эрг·с называется *постоянной Планка*. Согласно основным положениям современной физики, изменению энергии какой-либо системы на величину ε соответствует изменение ее массы на величину ε/c^2 (c – скорость света в вакууме). Поэтому при излучении одного фотона масса излучающего тела уменьшается на величину

$$\Delta m = \frac{h\nu}{c^2}.$$

Свойства излучения, обусловленные его квантовым характером, называются *квантовыми* (или *корпускулярными*).

Свету, как и всем другим видам электромагнитного излучения, присущи как волновые, так и корпускулярные свойства.

Фотоэффектом называются электрические явления, которые происходят при освещении светом вещества, а именно: выход электронов из вещества (*фотоэлектронная эмиссия*), возникновение ЭДС, изменение электропроводности.

Фотоэффект является одним из примеров проявления корпускулярных свойств света. Вылет электронов из освещенных тел называют *внешним фотоэффектом*.

Законы внешнего фотоэффекта

1. Число электронов, освобожденных светом за 1 с (или ток насыщения), прямо пропорционально световому потоку (при неизменном его спектральном составе).

2. Наибольшая скорость вылетевших электронов v_{\max} не зависит от силы света, а определяется частотой падающего света. Эта скорость может быть определена из уравнения Эйнштейна:

$$h\nu = \varphi + \frac{mv_{\max}^2}{2},$$

где $h\nu$ – энергия светового фотона; φ – работа выхода; m – масса электрона.

3. Для каждого вещества существует определенная частота, ниже которой фотоэффект не наблюдается. Эта частота называется *красной границей фотоэффекта* (ν_k). Она определяется из соотношения

$$h\nu_k = \varphi.$$

Сущность *внутреннего фотоэффекта* состоит в том, что при освещении полупроводников и диэлектриков от некоторых атомов отрываются электроны, которые, однако, в отличие от внешнего фотоэффекта, не выходят через поверхность тела, а остаются внутри него. В результате внутреннего фотоэффекта возникают электроны в зоне проводимости и сопротивление полупроводников и диэлектриков уменьшается.

При освещении границы раздела между полупроводниками с различным типом проводимости возникает электродвижущая сила. Это явление называется *вентильным фотоэффектом*.

На явлениях фотоэффекта основано устройство фотоэлементов, фотосопротивлений, вентильных фотоэлементов и солнечных батарей.

3.4. ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ СИЛОВЫХ АГРЕГАТОВ И ЭЛЕМЕНТОВ ТРАНСМИССИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ¹

3.4.1. Действительные циклы автомобильных двигателей

Циклом двигателя внутреннего сгорания называется процесс преобразования получаемой при сжигании топлива тепловой энергии в механическую. Различают три рабочих цикла двигателей:

- 1) цикл сгорания топлива при постоянном объеме;
- 2) цикл сгорания топлива при постоянном давлении;
- 3) цикл смешанного сгорания, при котором одна часть топлива сгорает при постоянном объеме, а другая – при постоянном давлении.

Карбюраторные автомобильные двигатели работают по циклу сгорания при постоянном объеме. Автомобильные двигатели с воспламенением от сжатия (дизели) и механическим распыливанием топлива работают по смешанному циклу. Впервые этот цикл был предложен и осуществлен в России профессором Г.В. Тринклером.

¹ Основные конструкционные схемы расположения агрегатов автомобилей приведены в [15, пп. 3.6.2].

Основными параметрами рабочего цикла служат: степень сжатия, степень повышения давления и степень предварительного расширения.

Степень сжатия ε – это есть отношение полного объема цилиндра V_a к объему камеры сгорания V_c :

$$\varepsilon = \frac{V_a}{V_c};$$

она показывает во сколько раз объем смеси (или воздуха) в цилиндре двигателя уменьшается к концу сжатия.

Степень повышения давления λ представляет отношение давления в конце сгорания p_z к давлению в конце сжатия p_c :

$$\lambda = \frac{p_z}{p_c}.$$

Степень предварительного расширения ρ представляет отношение объема в конце сгорания V_z к объему камеры сгорания V_c :

$$\rho = \frac{V_z}{V_c}.$$

Обычно тепловой расчет проводится в предположении, что рабочий процесс автомобильного двигателя происходит либо по изохорическому, либо по смешанному циклу. Между тем действительный рабочий процесс сопровождается рядом не поддающихся точному учету сложных и мало изученных физико-химических явлений.

Совокупность процессов, в действительности происходящих в автомобильных двигателях и имеющих определенную протяженность во времени, называется *действительным циклом*. Циклы, в которых не учитываются аэродинамические потери при впуске и выпуске и теплообмен газов, а также предполагается полное и мгновенное сгорание горючей смеси, называются *идеальными*, или теоретическими.

Действительные процессы, происходящие в двигателях, значительно отличаются от идеальных термодинамических циклов. Закономерности действительных рабочих процессов оказываются иными, чем закономерности идеальных циклов.

О работе двигателя можно судить по его мощности, расходу топлива, а также по индикаторным диаграммам. При протекании рабочего цикла давление и объем газов в цилиндре непрерывно изменяются. Изменение давления и объема за рабочий цикл может быть представлено в виде диаграммы. Эта диаграмма снимается на работающем двигателе специальным прибором – индикатором, отмечающим одновременно давление в цилиндре и перемещение поршня. Индикаторная диаграмма может быть построена также и расчетным путем.

На рис. 7 показаны индикаторные диаграммы рабочего цикла четырехтактного карбюраторного двигателя (рис. 7,а) и четырехтактного дизеля

(рис. 7,б). По вертикальным осям диаграмм откладывается давление газов в цилиндре p (кг/см²), а по горизонтальной оси – объем в цилиндре над поршнем V (см³). Вертикальные линии на диаграмме отмечают объемы, соответствующие нахождению поршня в верхней мертвой точке (ВМТ) и нижней мертвой точке (НМТ), а горизонтальная линия p_0 – атмосферное давление. Индикаторные диаграммы двухтактных двигателей, карбюраторного и дизеля, показаны на рис. 7,в и рис. 7,г.

На индикаторных диаграммах полезной работе соответствуют площади со знаком + (плюс), а насосным потерям при впуске и выпуске – площади со знаком - (минус). Характерные для диаграммы точки – a, b, c, z, z', r . Протекающие рабочего процесса двигателя определяется параметрами абсолютного давления газа p , объема V и абсолютной температуры T в каждой из характерных точек.

Весь рабочий цикл двигателя может быть представлен в виде последовательно протекающих процессов: впуск, сжатие, сгорание, расширение и выпуск. Рассмотрим все эти процессы в приведенной последовательности.

Полезная работа цикла определится как разность работ, ограниченных контурами $aczba$ и $rabr$ (см. рис. 7), и может быть изображена в виде прямоугольника с эквивалентной площадью, высота которого будет представлять собой *среднее индикаторное давление*.

Средним индикаторным давлением называется *условное, постоянное по величине давление газов на поршень*, совершающее в течение хода расширения работу, равную индикаторной работе цикла. Оно определяется посредством планиметрирования площади индикаторной диаграммы, помеченной на рис. 7 знаком +.

Величиной индикаторной работы характеризуется эффективность рабочего процесса двигателя. Эта работа может быть выражена как произведение рабочего объема цилиндра на величину среднего индикаторного давления:

$$L_1 = p_1 V_h.$$

При максимальной подаче горючей смеси или топлива в цилиндры среднее индикаторное давление для автомобильных газовых двигателей составляет 4...7 кг/см², для бензиновых – 6...12 кг/см², для двухтактных дизелей – 4,5...7,8 кг/см².

Таким образом, индикаторная мощность, развиваемая газами в цилиндре, разделяется на эффективную мощность N_e , передаваемую на коленчатый вал, и мощность трения $N_{тр}$.

Аналогично изложенному и среднее индикаторное давление p_1 равно:

$$p_1 = p_e + p_{тр},$$

где p_e – среднее эффективное давление; $p_{тр}$ – среднее давление трения.

Ориентировочно принимают $p_{тр} = 0,35 + 0,0005 n$, где n – число оборотов коленчатого вала двигателя в минуту.

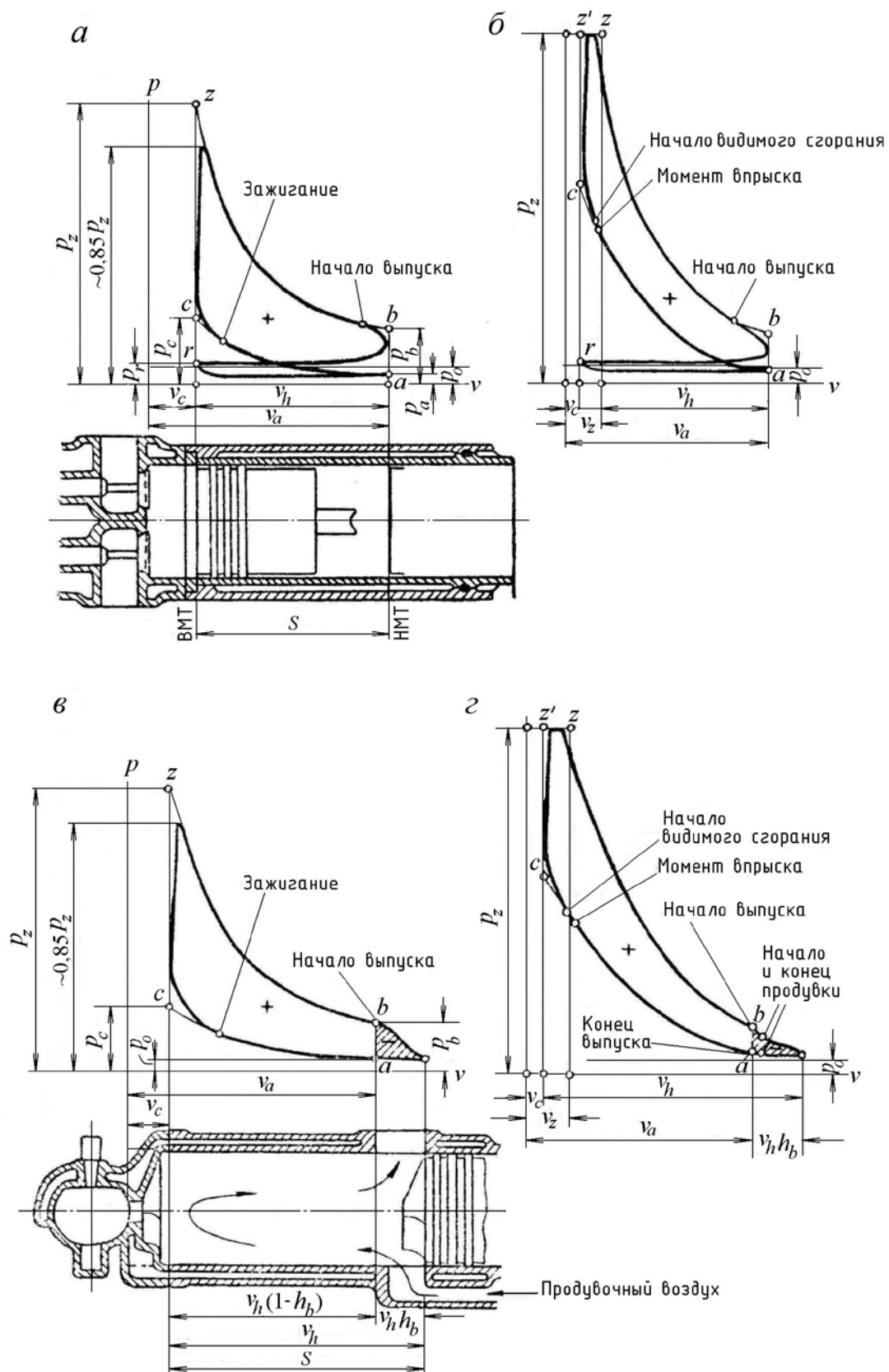


Рис. 7. Индикаторные диаграммы:

a – четырехтактного карбюраторного двигателя; *б* – четырехтактного дизеля; *в* – двухтактного карбюраторного двигателя; *г* – двухтактного дизеля

Средним эффективным давлением называется условное, постоянное давление на поршень, создающее в течение хода расширения работу, равную эффективной работе цикла. *Средним давлением трения* называется условное, постоянное давление на поршень, создающее в течение хода расширения работу, равную работе трения. Среднее давление трения изменяется в зависимости от числа оборотов. Изменение нагрузки при постоянных оборотах мало влияет на величину механических потерь.

Максимального значения величина среднего эффективного давления при работе карбюраторного двигателя на полном дросселе достигает при оборотах n_m составляющих 40 % от оборотов n_N наибольшей мощности; с дальнейшим повышением оборотов мощность снижается за счет увеличения: $p_{тр}$ и уменьшения p_i . При оборотах, меньших n_m , происходит снижение p_e за счет больших потерь тепла с охлаждением и ухудшения процесса смесеобразования у карбюраторных двигателей.

На рис. 8 приведены кривые изменения p_e в зависимости от числа оборотов для различных автомобильных двигателей.

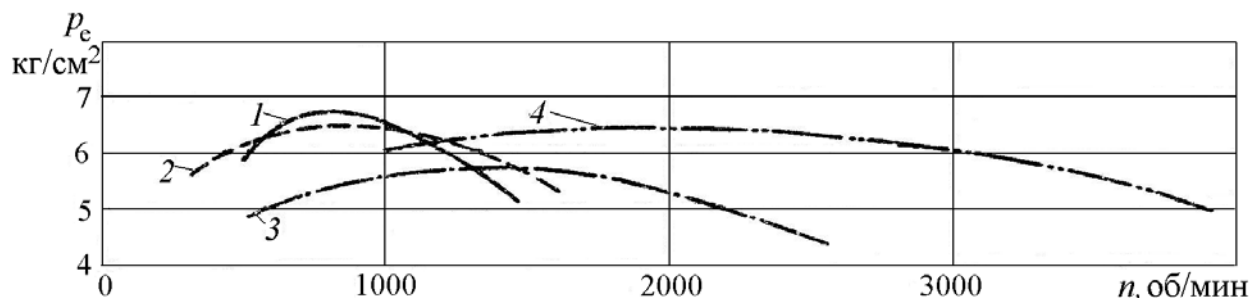


Рис. 8. Кривые изменения среднего эффективного давления в зависимости от числа оборотов для автомобильных двигателей различных типов:

1 – дизель с непосредственным распыливанием; 2 – дизель с предкамерой;
3 – дизель с воздушной камерой; 4 – карбюраторный двигатель

Аналогично индикаторной мощности эффективная мощность определяется по формуле:

$$N_e = \frac{p_e V_e n}{225\tau},$$

где τ – число тактов в рабочем процессе двигателя.

Отношение эффективной мощности к индикаторной (или среднего эффективного давления к индикаторному) называется *механическим КПД* двигателя η_m , который для автомобильных двигателей имеет величину 0,75...0,85. Задаваясь величиной механического КПД двигателя и зная индикаторную мощность, можно определить его эффективную мощность).

3.4.2. Тепловой баланс двигателя

Тепло, получаемое двигателем при сгорании топлива, определяется как произведение часового расхода G_T топлива на его низшую теплотворную способность H_u . Для бензина $H_u = 10500$ ккал/кг.

В автомобильном двигателе лишь часть этого тепла превращается в полезную работу. Остальная часть теряется с отработавшими газами, охлаждающей водой и т.д. Распределение тепла на полезную работу и различные виды потерь называется *тепловым балансом двигателя*.

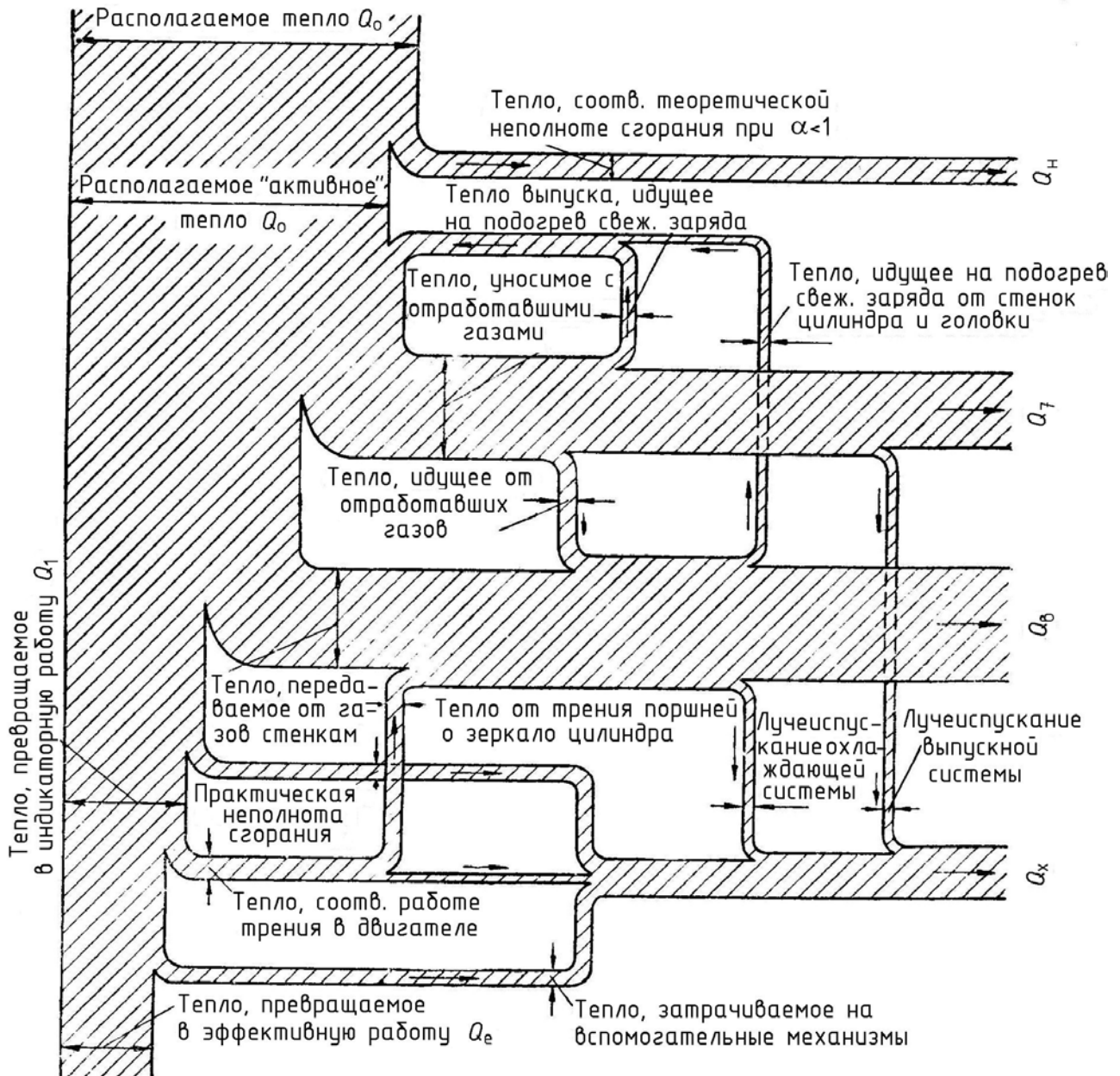


Рис. 9. Схема теплового баланса автомобильного двигателя

Полученное при сжигании топлива тепло можно разделить на следующие основные части:

- 1) тепло, превращаемое в эффективную работу на валу двигателя;
- 2) тепло, затрачиваемое на приведение в действие вспомогательных механизмов, и трение;
- 3) тепло, уносимое отработавшими газами;
- 4) потери тепла, вызванные неполнотой сгорания топлива из-за недостатка кислорода (при $\alpha < 1$);
- 5) потери тепла в охлаждающую воду;
- 6) прочие виды тепловых потерь.

Тепло, превращаемое в эффективную работу, составляет около 30% общей доли тепла.

Для составления теплового баланса автомобильных ДВС необходимо иметь данные о выделении тепла и распределении его потоков по системам и деталям конструкции. Для таких измерений обычно используют различные измерители температуры, в том числе и термоэлектрические датчики – термопары. Схемы измерения температуры при отладке рабочих процессов для некоторых ДВС приведены на рис. 10, 11, 12, 13. Общие виды испытательных установок приведены на рис. 14 и рис. 15.

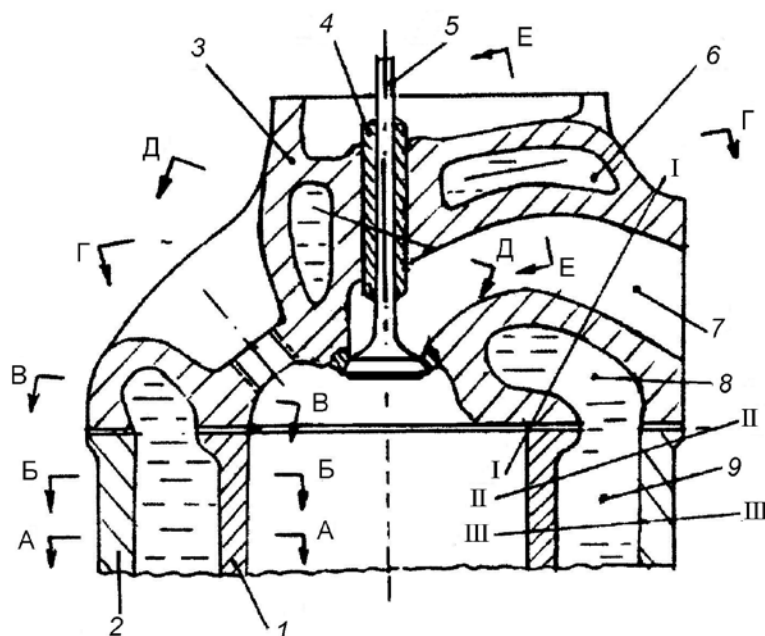


Рис. 10. Выбор сечений для расчетов по определению теплового состояния деталей и систем двигателей:

А-А, Б-Б, В-В, Г-Г, Д-Д, Е-Е – расчетные сечения; I, II, III – расчетные для определения теплотехнических величин выпускной системы двигателя; 1 – гильза цилиндра; 2 – блок; 3 – головка; 4 – втулка клапана; 5 – клапан выпускной; 6, 8, 9 – каналы для подвода охлаждающей жидкости; 7 – выпускной канал головки цилиндров

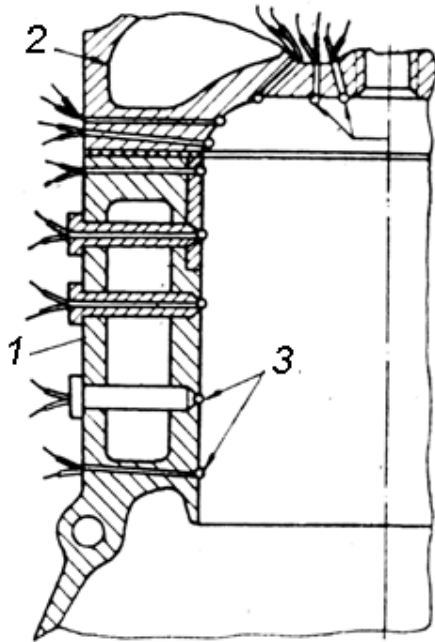


Рис. 11. Цилиндр и головка двигателя Р-4, оборудованные термопарами:
1 – блок; 2 – головка; 3 – термопары

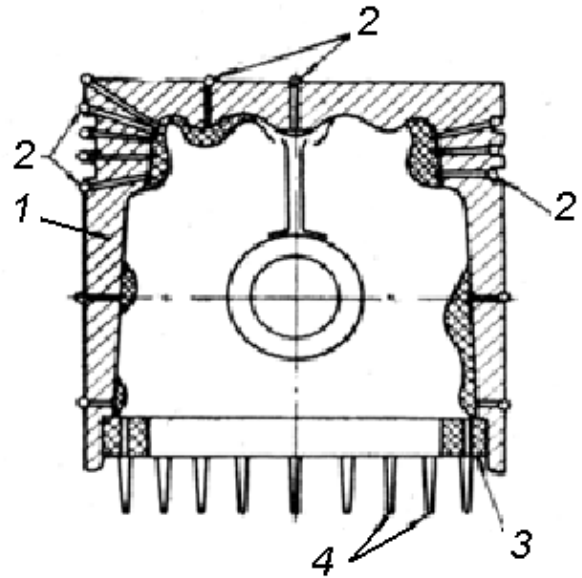


Рис. 12. Схема заделки термопар в поршне двигателей Р-6:
1 – поршень; 2 – термопары; 3 – кольцевая колодка; 4 – токоприемники

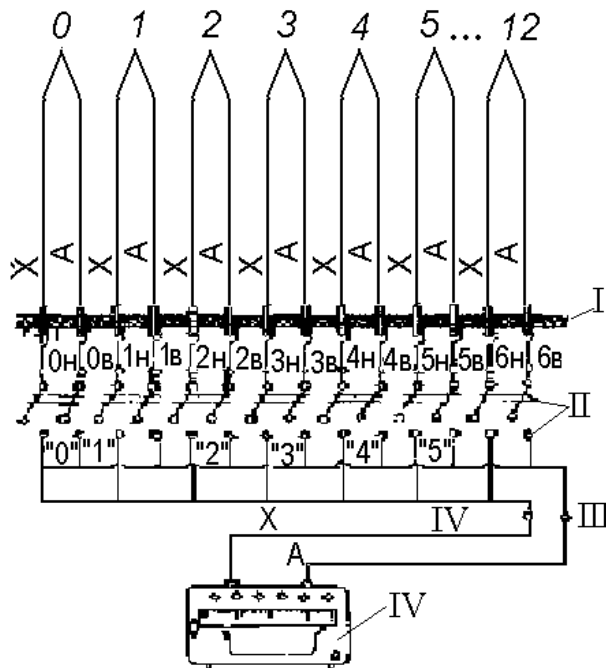


Рис. 13. Схема соединения термопар цилиндров и головок цилиндров с измерительным 12-точечным прибором:
1 – 12 – рабочие термопары; 0 – контрольная термопара; I – колодка токосъемника; II – переходная колодка; III – переключатель; IV – провода; X – хромелевый провод; A – алюмелевый провод

Разность температур огневых поверхностей камер сгорания и днищ поршней при работе двигателей не должна быть больше, чем $40 \dots 80 \text{ }^\circ\text{C}$, а температуры днищ поршней следует удерживать в пределах $300 \dots 330 \text{ }^\circ\text{C}$ во избежание закоксовывания колец в поршневых канавках. Отклонения от значений средних температур поверхностей камер сгорания могут быть рассчитаны на основании импульсной теории теплопроводности Ф. Камья [22, 25]. Так, например, для двигателей типа ЗМЗ-513.10 автобусов ПАЗ (4.25 л) при средних температурах поверхностей камер сгорания $\approx 240 \dots 250 \text{ }^\circ\text{C}$ влияние охлаждения от впуска смеси с температурами $92 \dots 95 \text{ }^\circ\text{C}$ понижало температуры соседних участков поверхностей камер сгорания на

18...22 °С, а подогрев со стороны выпускных коллекторов (температура от 460 до 680 °С) повышал нагрев соседних участков поверхностей до 58...62 °С в рабочем диапазоне оборотов коленвала от 1200 до 3500 в минуту. Интервал температур поверхностей камер сгорания составлял от 220 до 310 °С.

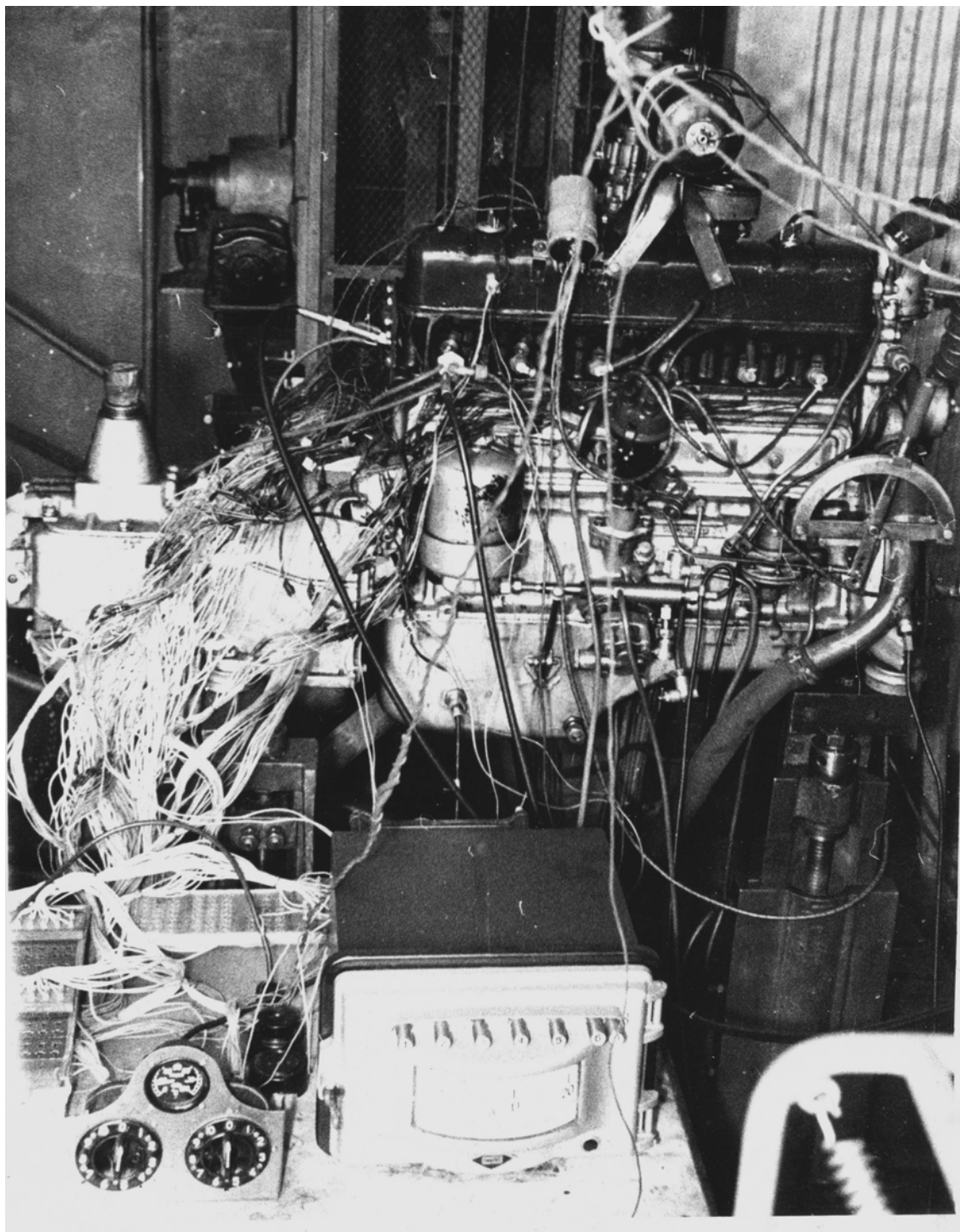


Рис. 14. Исследование рабочих процессов и температурного состояния двигателей экспериментальных образцов для автомобилей ОАО ГАЗ и ЗМЗ

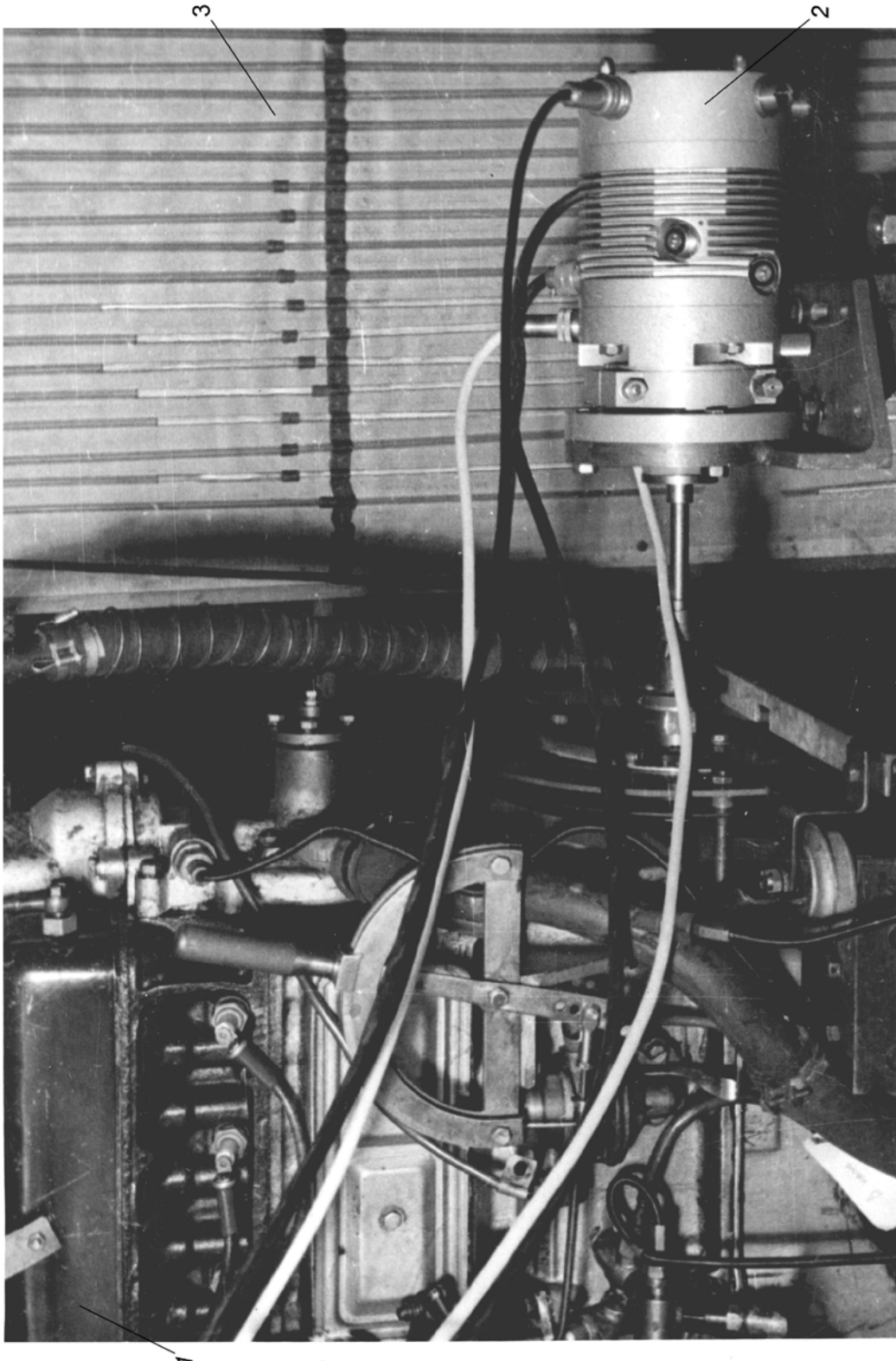


Рис. 15. Общий вид двигателя с датчиками хода индикатора «Орион» для оценки параметров рабочих процессов и температурных режимов (ГАЗ, ЗМЗ, УАЗ):

1 – испытываемый двигатель; *2* – датчик хода поршня для снятия индикаторных диаграмм; *3* – дифференциальные манометры патрубков и каналов впускных и выпускных элементов ДВС

3.4.3. Нагружение деталей кривошипно-шатунного механизма ДВС

В кривошипно-шатунном механизме двигателя действуют следующие силы: сила давления газов P_{Γ} ; сила инерции поступательно движущихся масс P_j и сила инерции вращающихся масс $P_{\text{вд}}$.

Равнодействующая первых двух сил

$$P_c = P_{\Gamma} + P_j.$$

Сила P_c может быть разложена на составляющую, действующую вдоль оси шатуна K (рис. 16), и составляющую, перпендикулярную зеркалу цилиндра N .

Если угол между осями шатуна и цилиндра β , то

$$K = \frac{P_c}{\cos \beta}.$$

Сила K после переноса ее по линии действия в точку B может быть разложена на силу Z , действующую по кривошипу, и силу T , перпендикулярную кривошипу. Величины этих сил определяются уравнениями:

$$Z = K \cos(\varphi + \beta) = P_c \frac{\cos(\varphi + \beta)}{\cos \beta};$$

$$T = K \sin(\varphi + \beta) = P_c \frac{\sin(\varphi + \beta)}{\cos \beta}.$$

Знаки действующих сил определяются следующими правилами:

1) сила давления газов P_{Γ} считается положительной;

2) сила инерции поступательно движущихся частей P_j , направленная к оси коленчатого вала, считается положительной, а имеющая противоположное направление – отрицательной;

3) сила K , сжимающая шатун, – положительна, а растягивающая – отрицательна;

4) сила Z , направленная к оси коленчатого вала, – положительна, а при противоположном направлении – отрицательна;

5) сила T , направленная в сторону вращения коленчатого вала, – положительна, а при противоположном направлении – отрицательна.

Сила инерции вращающихся масс $P_{\text{вд}}$ постоянно направлена от оси коленчатого вала.

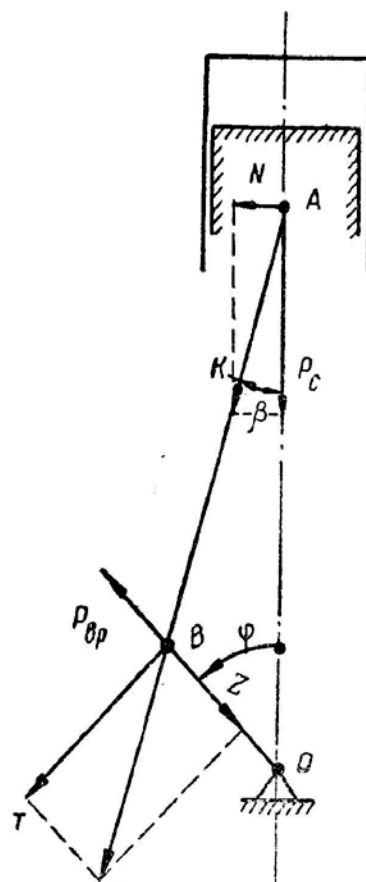


Рис. 16. Силы, действующие на кривошипно-шатунный механизм двигателя

Крутящий момент на коленчатом валу двигателя создается в результате действия силы T :

$$M_{кр} = TR.$$

Коленчатый вал многоцилиндрового двигателя воспринимает своими кривошипами равные по величине, но сдвинутые по фазе крутящие моменты. Относительное смещение моментов, воспринимаемых валом от различных цилиндров, определяется порядком работы двигателя. Например, в четырехцилиндровом двигателе с порядком работы 1–2–4–3 крутящий момент на втором кривошипе достигает своего максимума после достижения максимума крутящим моментом на первом кривошипе при повороте вала на 180° , на четвертом – при повороте вала на 360° и на третьем – при повороте вала на 540° . Следовательно, суммарный крутящий момент на валу будет иметь переменное значение, зависящее от угла поворота вала. На каждый кривошип коленчатого вала, кроме непосредственно действующего на него момента, будет также передавать момент от впереди лежащих кривошипов.

3.4.4. Уравновешивание двигателя

На опоры двигателя, кроме его веса, действуют сила реакции отработавших газов и силы инерции поступательно движущихся масс. На уравновешенность двигателя влияют только переменные силы. Если равнодействующие силы инерции и моменты сил инерции можно привести к постоянным по величине силе и моменту, то их можно уравновесить закрепленным на валу противовесом. В действительности всегда остаются неуравновешенные, хотя и небольшие силы инерции.

Кривошипы коленчатого вала с отнесенными к ним массами шатунов расположены эксцентрично по отношению к его оси. Образующиеся при их вращении центробежные силы должны быть уравновешены.

Уравновешивание может быть статическим и динамическим. Система, у которой центр тяжести лежит на оси вращения, называется *статически уравновешенной*.

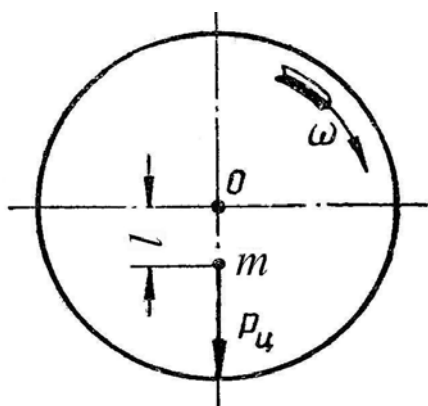


Рис. 17. Статически неуравновешенная система

На рис. 17 показана статически неуравновешенная масса m , центр тяжести которой смещен от оси вращения O на расстояние l . При вращении этой массы с угловой скоростью ω возникает центробежная сила

$$P_{ц} = -ml\omega^2.$$

Даже статически уравновешенная система может при вращении вызывать усилия на опорах.

Усилия на опорах будут отсутствовать лишь в динамически уравновешенной системе, у которой свободная ось совпадает с осью вращения.

На рис. 18,а показан вал с осью вращения $y - y$, на одинаковых расстояниях ρ от которой помещены две равные между собой массы m .

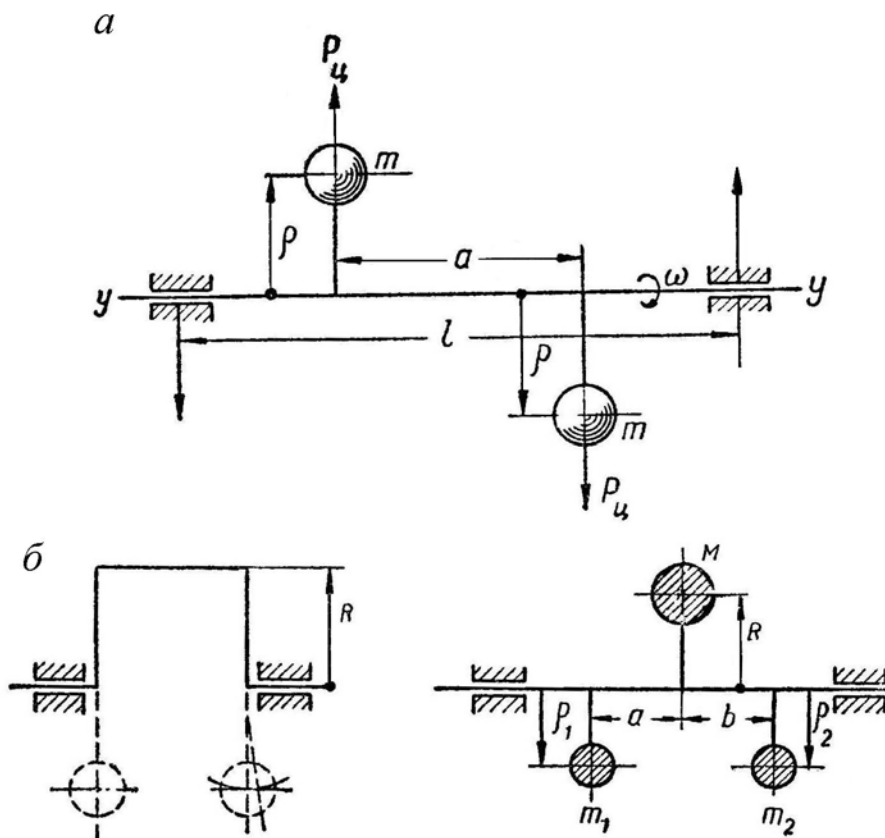


Рис. 18. Уравновешивание коленчатого вала:

а – статически уравновешенная система; *б* – схема уравновешивания кривошипа коленчатого вала

Несмотря на то, что система статически уравновешена, так как ее центр тяжести лежит на оси вращения $y - y$, при вращении вала центробежные силы образуют пару с моментом $m\rho\omega^2 a$, нагружающим дополнительно опоры вала.

Эксцентрично расположенные вращающиеся массы кривошипов коленчатых валов уравновешиваются противовесами.

Обозначим (рис. 18,б):

M – суммарная масса кривошипа и вращающейся части шатуна;

m_1 и m_2 – массы противовесов;

ρ_1 и ρ_2 – радиусы масс противовесов;

R – радиус кривошипа;

a и b – расстояние масс m_1 и m_2 от массы M кривошипа.

Если приравнять нулю сумму моментов всех сил относительно плоскости вращения массы M , получим:

$$\omega^2 (m_1 \rho_1 a + m_2 \rho_2 b) = 0.$$

В то же время для получения статической уравновешенности

$$\omega^2 (MR + m_1 \rho_1 + m_2 \rho_2) = 0,$$

откуда

$$MR + m_1\rho_1 + m_2\rho_2 = 0,$$

т.е. равнодействующие центробежных сил инерции от противовесов и от массы кривошипа должны быть равны по абсолютной величине и иметь противоположные направления.

Форма и расположение противовесов определяются из конструктивных соображений. Коленчатые валы многоцилиндровых двигателей с числом цилиндров не менее четырех могут работать и без противовесов.

3.4.5. Элементы трансмиссии автомобиля

Особенности работы сцепления автомобиля

Конструкции сцеплений оцениваются:

- а) надежностью работы (способность к длительной работе);
- б) чистотой выключения и малым моментом инерции ведомой части, обеспечивающими безударное переключение шестерен в коробке передач;
- в) плавностью включения сцепления.

Для того чтобы сцепление могло надежно работать, оно должно быть правильно рассчитано.

Чистотой выключения и малым моментом инерции ведомой части особенно отличаются однодисковые сцепления. В двух- и многодисковых сцеплениях приходится предусматривать специальные приспособления, обеспечивающие чистоту выключения.

Плавность включения достигается постепенностью вступления в работу трущихся поверхностей. При большом числе этих поверхностей плавность включения повышается. Следовательно, с этой точки зрения преимуществом обладают многодисковые сцепления.

В результате расчета сцепления могут быть определены:

- 1) крутящий момент, который может быть передан сцеплением без пробуксовывания;
- 2) размеры трущихся поверхностей;
- 3) сила, прижимающая трущиеся поверхности;
- 4) размеры, обеспечивающие прочность всех деталей сцепления;
- 5) плечи рычагов привода управления сцеплением, при которых достигаются заданные усилия выключения и ход педали.

С точки зрения расчета на прочность механизмов силовой передачи и в том числе сцепления величина передаваемого от двигателя крутящего момента имеет очень большое значение. Максимальную величину крутящего момента определяют по скоростной характеристике двигателя или по формуле:

$$M = 716,2 \frac{N_e}{n} \text{ кгм.}$$

Для нахождения максимальной величины крутящего момента в формулу должны быть подставлены значения мощности $N_m = 0,5 N_{max}$ и оборотов $n = 0,4 n_N$.

Полностью включенное сцепление должно быть в состоянии передать максимальный крутящий момент двигателя. Для обеспечения этого момент трения сцепления M_T должен быть больше максимального крутящего момента двигателя M_{max} .

Отношение $\frac{M_T}{M_{max}}$ принято называть коэффициентом запаса сцепления β .

Очевидно, что коэффициент β должен быть больше единицы и чем он больше, тем надежнее передача момента двигателя без пробуксовывания сцепления. Но чрезмерное увеличение этого коэффициента ухудшает работу поверхностей трения из-за большого удельного давления на них и требует от водителя большого усилия при выключении сцепления. Резкое торможение автомобиля без выключения сцепления при больших значениях коэффициента β может вызвать перегрузку деталей силовой передачи. При этом силовая передача нагружается инерционным моментом, зависящим в основном от инерции маховика двигателя. Этот инерционный момент может быть значительно больше, чем максимальный крутящий момент двигателя. Величина его ограничивается максимальным моментом трения, который может быть передан через сцепление. Следовательно, при невысоких значениях коэффициента β механизмы силовой передачи будут защищены от чрезмерных нагрузок при торможении с невыключенным сцеплением.

Необходимая сила нажатия пружин при заданных среднем радиусе и числе поверхностей трения может быть определена по уравнению:

$$P = \frac{\beta M_{max}}{R_{cp} i \mu},$$

где P – сила давления пружин, сжимающих диски; β – коэффициент запаса сцепления, равный 1,2...1,7; M_{max} – максимальный крутящий момент двигателя; $\mu \approx 0,25$ – коэффициент трения между поверхностями дисков; i – число трущихся поверхностей в сцеплении; R_{cp} – средний радиус трущихся поверхностей.

Коэффициент трения μ зависит от материала, из которого изготовлены фрикционные накладки ведомых дисков сцепления, от состояния поверхностей накладок, их температуры, удельного давления и скорости скольжения. Наибольший коэффициент трения имеют накладки, изготовленные из асбестовой ткани. С учетом износа толщина накладок берется 3...4 мм.

Особенности работы коробки перемены передач

В коробке передач расчету подвергаются зубья шестерен, валы и подшипники.

Валы коробки передач должны быть жесткими, чтобы не нарушалось зацепление зубьев шестерен по начальной окружности.

Число находящихся одновременно в зацеплении зубьев меняется от максимального – в момент входа одного из зубьев в зацепление до минимального – в момент выхода одного из зубьев из зацепления. Коэффициент перекрытия, характеризующий продолжительность зацепления, представляет собой отношение длины отрезка l в линии зацепления между окружностями головок к шагу t по начальной окружности:

$$\tau = \frac{l}{t \cos \beta}.$$

Основной величиной, определяющей размеры шестерен, служит модуль:

$$m = \frac{D}{z} = \frac{t}{\pi} \text{ мм},$$

где D – диаметр начальной окружности шестерни; z – число зубьев шестерни; t – шаг по начальной окружности, мм.

Нормально высота головки зуба $h_1 = m$, а высота ножки зуба $h_2 = 1,2 m$, но в целях повышения прочности зуба часто отступают от этих размеров. Наибольшее распространение получила так называемая высотная коррекция, осуществляемая в двух видах: а) у зубьев обеих шестерен изменяется их полная высота, но головки зубьев остаются равными друг другу; б) высота головок зубьев ведущей и ведомой шестерен делается различной, а полная высота зуба остается одинаковой.

При коррекции первого вида применяются двухмодульные зубья. Большой модуль служит для определения толщины зуба, а меньший – для определения высоты зуба.

Второй вид коррекции используется в тех случаях, когда находящиеся в зацеплении шестерни сильно отличаются по числу зубьев, т.е. когда нужно получить большое передаточное число. Этот вид высотной коррекции позволяет иметь на малой шестерне небольшое число зубьев без подрезки ножки и нарушения плавности зацепления.

Третий вид коррекции, состоящий в том, что полная высота зубьев берется уменьшенной для обеих шестерен и, кроме того, высоты головок зубьев делаются различными, одновременно повышает прочность зубьев и обеспечивает высокую плавность зацепления.

Величина, обратная модулю, называется *питчем* и используется при определении размеров шестерен в дюймовой системе. Так как один дюйм равен 25,4 мм, то соотношение между питчем и модулем имеет следующий вид:

$$p = \frac{25,4}{m},$$

где p – питч.

Подставив в это соотношение значение модуля, найдем, что

$$p = \frac{25,4z}{D} = \frac{25,4\pi}{t} \frac{1}{\text{мм}}.$$

Крутящий момент на ведущем валу коробки передач равен крутящему моменту двигателя M . При расчете зуба по упрощенной формуле считают, что сила приложена к вершине зуба:

$$M_{\text{из}} = Ph = W_{\text{из}} \sigma_{\text{из}},$$

где $M_{\text{из}}$ – момент, изгибающий зуб; P – окружное усилие по начальной окружности; h – полная высота зуба; $W_{\text{из}}$ – момент сопротивления изгибу у основания зуба; $\sigma_{\text{из}}$ – напряжение изгиба в основании зуба. Напряжение изгиба определится как

$$\sigma_{\text{из}} = \frac{Ph}{W_{\text{из}}};$$

$$W_{\text{из}} = \frac{\left(\frac{t}{2}\right)^2 b}{6},$$

где b – длина зуба.

Особенности работы карданной передачи

При заданном угле γ между валами, соединенными карданом, каждому значению угла α поворота ведущего вала будет соответствовать определенный угол β поворота ведомого вала, определяемый по уравнению:

$$\text{tg } \beta = \frac{\text{tg } \alpha}{\cos \gamma}.$$

При двойной карданной передаче и правильном расположении вилок карданов по концам карданного вала неравномерность вращения, создаваемая первым карданом, полностью поглощается вторым. Для этого (рис. 19) угол γ_1 должен быть равен углу γ_2 , а вилки карданов располагаются в одной плоскости. На рис. 19 показаны две возможные схемы двойной карданной передачи, при которых ведомый вал вращается равномерно. Нижняя схема предпочтительнее, так как при ней углы γ_1 и γ_2 получаются меньше.

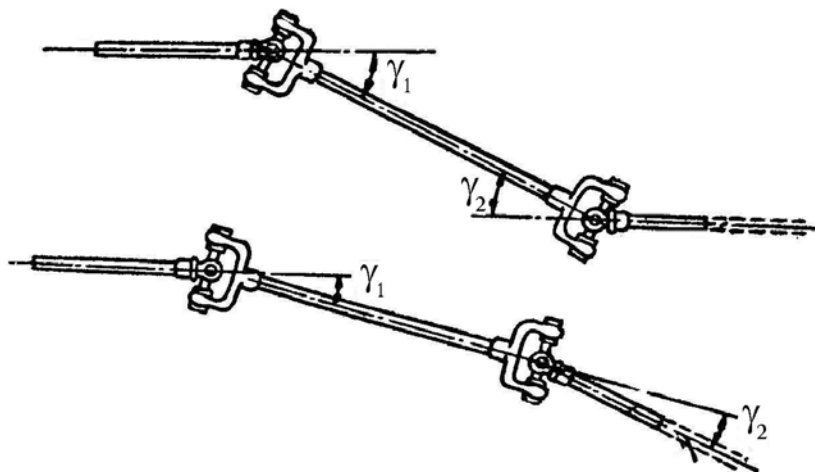


Рис. 19. Схема двойной карданной передачи

Особенности работы главной передачи

Для конических шестерен расчет зубьев на прочность ведется так же, как для цилиндрических. При расчетах берут модуль начальной окружности, проходящей посередине зубьев.

За расчетный момент принимают максимальный крутящий момент, подводимый карданным валом. Если имеется центральный тормоз, установленный за коробкой передач, то необходимо также провести проверку по максимальному тормозному моменту.

Сила, действующая между зубьями шестерен, отклоняется от направления действия окружного усилия, так же, как и в цилиндрических шестернях, на угол, представляющий собой сумму углов зацепления β и трения φ . Этот угол обозначается α .

Сила, действующая на зубья, может быть выражена через окружное усилие как

$$P_1 = \frac{P}{\cos \alpha}.$$

Шестерни главной передачи могут быть рассчитаны или по упрощенной формуле, или по уточненной формуле (см. расчет шестерен коробки передач), причем коэффициент y берется в зависимости от фиктивного числа зубьев, определяемого по формуле $z_{\text{ср}} = \frac{z}{\cos \delta}$, где δ – половина угла начального конуса.

Передаточное число главной передачи:

$$i_0 = \frac{z_2}{z_1} = \frac{\sin \delta_2}{\sin \delta_1} = \text{tg} \delta_2,$$

где z_1 и z_2 – числа зубьев шестерен главной передачи; δ_1 и δ_2 – углы начальных конусов (рис. 20).

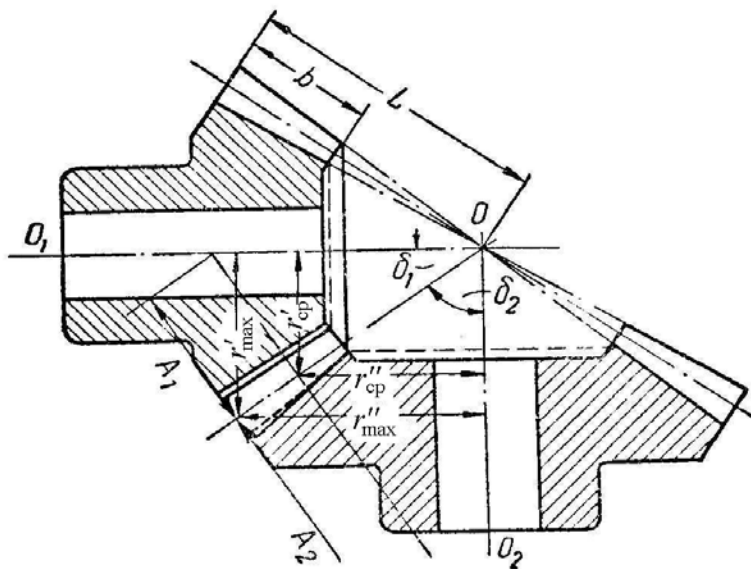


Рис. 20. Схема главной передачи

Особенности работы дифференциала автомобиля

Общий вид дифференциала с коническими шестернями приведен на рис. 21. Полуоси 4 и 5 этого дифференциала изготовлены за одно целое с полуосевыми шестернями.

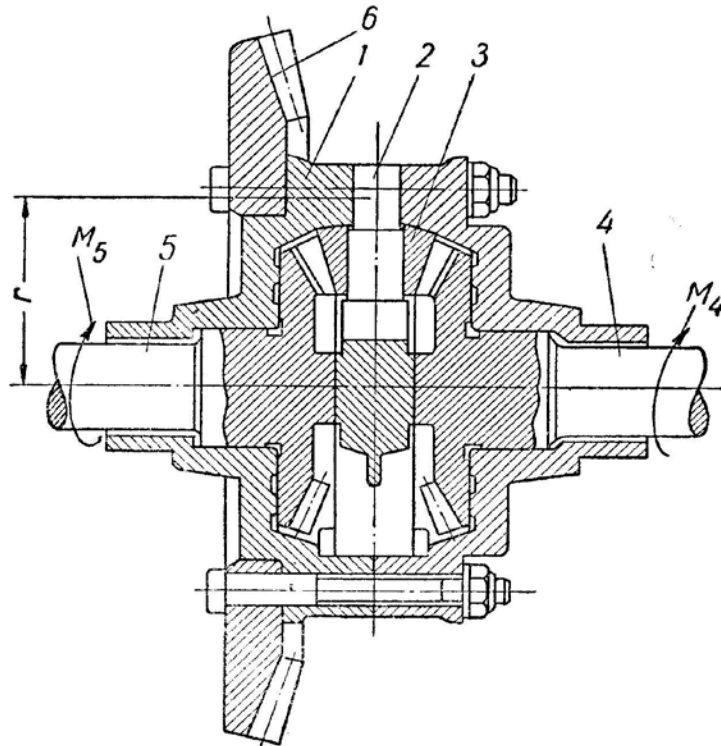


Рис. 21. Схема устройства дифференциала

Если автомобиль движется по прямой, то ведомая шестерня 6 главной передачи, коробка 1 дифференциала, крестовина 2 сателлитов, сателлит 3 и полуосевые шестерни с полуосями 4 и 5 вращаются как одно целое. При этом сателлит не вращается на своей оси ($n_3 = 0$), а числа оборотов коробки дифференциала и полуосей равны между собой: $n_1 = n_5 = n_4$.

При движении автомобиля на повороте вправо полуось 5 за счет вращения сателлита 3 на своей оси увеличивает число оборотов на $\frac{n_3 z_3}{z_5}$. Одновременно число оборотов полуоси 4 уменьшается на ту же величину.

Следовательно, полуось 4 делает число оборотов

$$n_4 = n_1 - n_3 \frac{z_3}{z_5},$$

а полуось 5 – число оборотов

$$n_5 = n_1 + n_3 \frac{z_3}{z_5},$$

где z_3 и z_5 – число зубьев сателлита и полуосевой шестерни.

Сумма чисел оборотов левой и правой полуосей всегда равна удвоенному числу оборотов коробки дифференциала:

$$n_4 + n_5 = n_1.$$

Следовательно, если $n_4 = 0$, то $n_5 = 2n_1$, т.е. при остановке одной из полуосей другая вращается с числом оборотов, вдвое превышающим число оборотов коробки дифференциала.

При неподвижной коробке дифференциала, когда $n_1 = 0$, согласно уравнению, возможно вращение полуосей в разные стороны с одинаковым числом оборотов: $n_4 = -n_5$.

Практически это может произойти при торможении карданного вала центральным тормозом.

В табл. 7, 8 и на рис. 22 приведены динамические показатели некоторых отечественных автомобилей.

Таблица 7

Динамические показатели отечественных автомобилей

Показатели	Легковые автомобили		Грузовые автомобили и автобусы	
	малого и среднего классов	большого класса	малого и среднего классов	большого класса
Максимальная скорость движения:				
км/ч	120...150	150...200	90...120	70...100
м/с	33...42	42...55	25...33	20...28
Удельная мощность, кВт/т	33...45	45...75	23...29	10...15
Наибольший преодолеваемый подъем, %, на передаче:				
высшей	5...7	3...5	3...5	2...3
низшей	30...35	35...40	27...30	25...35
Время, с, разгона с места до скорости:				
100 км/ч	15...22	13...15	–	–
60 км/ч	–	–	15...20	35...50
Путь торможения, м, с начальной скорости в км/ч:				
80	40...50		–	–
60	30...35		40	–
50	–		30...35	30...35
40	15...20		20...25	20...25

Таблица 8

Максимальная сила тяги, получаемая на колесах некоторых автомобилей*

Показатели	ВАЗ-2105 «Жигули»	ВАЗ-2108 «Спутник»	ГАЗ-3110 «Волга»	УАЗ-451 ДМ
Полная масса автомобиля, кг	1395	1300	1810	2660
Максимальный крутящий момент двигателя, Н·м при частоте вращения вала, об/мин	94,0 3400	94,0 3400	182,0 2500	167,0 2300
Максимальный момент, Н·м, подводимый к колесам, при КПД 0,9 на передачах:				
I	1350	1250	2300	3200
II	800	700	1450	2050
III	500	450	950	1250
IV	400	350	650	800
V	–	300	–	–
Радиус качения колеса, м:	0,29	0,29	0,31	0,38
Максимальная сила тяги, Н, на передачах:				
I	4500	4400	7400	8400
II	2650	2500	4700	5400
III	1700	1600	3050	3200
IV	1200	1200	2100	2000
V	–	1100	–	–
Соответствующая возможная скорость движения, км/ч, на передачах:				
I	25	25	20	15
II	40	40	35	25
III	65	65	50	40
IV	90	85	75	65
V	–	110	–	–

* – Все величины даны округленно.

Как видно из приведенных данных, конструкционные особенности данных транспортных средств обеспечивают достаточно высокие как их тяговые, так и скоростные характеристики. Наиболее экономичные режимы движения соответствуют скоростям от 60 до 90 км/ч, т.е. рекомендованным для отечественных дорог.

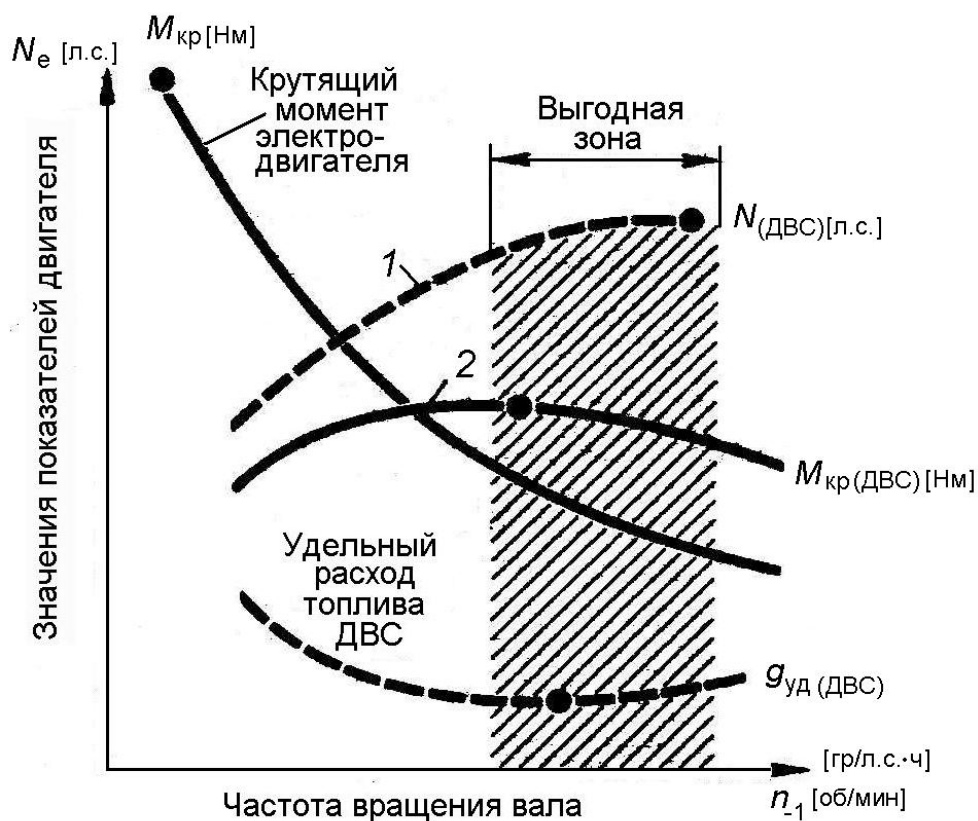


Рис. 22. Зона наиболее выгодного режима двигателя внутреннего сгорания при движении автомобиля, расположенная в пределах скоростей, соответствующих частотам вращения вала двигателя между максимальными показателями мощности (кривая 1) и крутящего момента (кривая 2)

3.4.6. Выбор теоретических циклов для аналогов рабочих процессов поршневых и комбинированных двигателей транспортно-технологических систем в зависимости от условий эксплуатации

Вопросы повышения литровой мощности поршневых и комбинированных ДВС всегда являлись весьма актуальными. Теоретические циклы ДВС и их анализ постоянно были основными источниками идей для создания реальных, хорошо зарекомендовавших себя в эксплуатации классических конструктивных решений. Существенный вклад в это внесли ведущие специалисты отечественной научной и инженерной школы.

Известно, что основными теоретическими циклами тепловых ПДВС в настоящее время считают следующие циклы: Н. Отто, Р. Дизеля и Г. Тринклера. Все эти циклы характеризуются адиабатическим сжатием рабочего тела при изменении объема от ВМТ и отводом тепла при постоянном объеме в ВМТ. Подвод тепла к рабочему телу в этих циклах осуществляется различными способами, чтобы обеспечить долговечность ДВС.

В цикле Н. Отто (1878 г.), И. Костовича (1879 г.) тепло после сжатия рабочего тела подводится в ВМТ при постоянном объеме, а расширение рабочего тела после этого происходит по единой непрерывной адиабате от ВМТ до НМТ.

В цикле Р. Дизеля (1892 г.) после сжатия рабочего тела в ВМТ тепло подводится при постоянном максимальном давлении, причем поршень перемещается на некоторую величину в направлении от ВМТ к НМТ. После этого следует однократное адиабатическое расширение рабочего тела при движении до НМТ с последующим отводом тепла в НМТ при постоянном объеме. Однако данный цикл еще имеет резервы увеличения теоретической и действительной полезной площади диаграммы, как это будет показано далее.

Так, например, возможно получение прироста полезной площади за счет улучшения «полноты» диаграммы при работе по циклу проф. Г.В. Тринклера (1900 г.) за счет некоторого увеличения степени сжатия рабочего тела и дополнительной площади, получаемой при этом от подвода тепла к рабочему телу в два этапа, то есть двумя «порциями». Первая часть подводимого тепла нагревает рабочее тело при постоянном объеме, как в цикле Н. Отто, вторая часть тепла подводится при постоянном максимальном давлении, как в цикле Р. Дизеля. Далее следует однократное, то есть одноступенчатое адиабатическое расширение до НМТ с последующим отводом тепла при постоянном объеме до точки конца цикла и начала очередного процесса сжатия. Двигатели с рабочим процессом аналога данного теоретического цикла были построены Г.В. Тринклером по его чертежам и под его руководством в 1901 г. на заводе «Русский Дизель» «Товарищества бр. Нобель в С.-Петербурге» и с 1902 г. на заводе фирмы «Братья Кертинг» в г. Аугсбурге в Германии, где Г.В. Тринклер работал с 1902 по 1906 гг. по контракту, а с 1907 г. на Сормовском заводе в Н. Новгороде.

В дальнейшем все четырехтактные так называемые «бескомпрессорные» дизели работали по циклу Г.В. Тринклера.

Другим способом увеличения полезной площади диаграммы было использование при подводе тепла к рабочему циклу в ВМТ «ступенчатого» многократного подвода теплоты по линиям: постоянное давление – постоянный объем; постоянное давление – постоянный объем и т.д. При достижении максимально возможного давления цикла дальнейший подвод теплоты осуществляют при постоянном максимальном давлении, так же, как в цикле Г.В. Тринклера. После этого следует однократное адиабатическое расширение до НМТ и отвод тепла от рабочего тела при постоянном объеме ВМТ. Аналог данного теоретического цикла был осуществлен академиком А.Д. Чаромским на дизельных двигателях АЧ-30 (1930 г.), АЧ-30Д (1934 г.) и на наземных модификациях этого двигателя (В-2, Д-12, В-54, В-56 и других).

По теоретическому циклу аналога действительного цикла, примененного академиком А.А. Микулиным для авиадвигателя АМ-38Ф в 1940 г., прирост площади диаграммы цикла происходит на линии расширения. При достижении максимального давления рабочего тела в результате подвода тепла при постоянном объеме у ВМТ расширение рабочего тела вначале происходит по адиабатическому закону приблизительно до середины рабочего хода поршня, после этого следует вторичное повышение давления при постоянном объеме, вследствие подвода тепла, а затем адиабатическое расширение до НМТ с последующим отводом теплоты при постоянном объеме рабочего тела в НМТ.

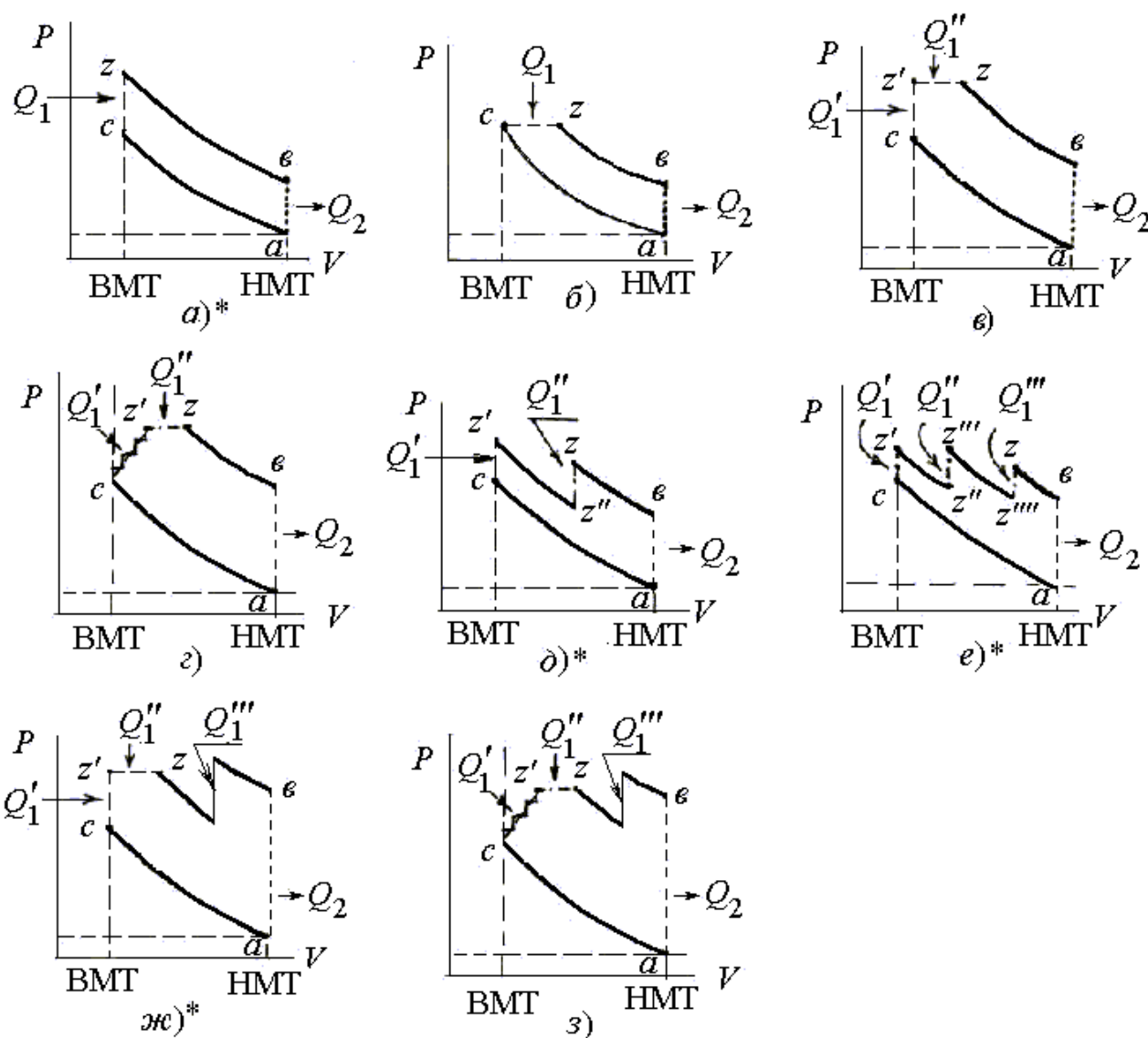


Рис. 23. Теоретические циклы ПДВС транспортных систем:

a – Н. Отто; *б* – Р. Дизеля; *в* – Г. Тринклера; *г* – А. Чаромского (1934 г.); *д* – А. Микулина; *е* – Н. Мозохина; *ж* – цикл Д. Швецова (1941); *з* – А. Чаромского (1942 г.)

(* – аналоги рабочих циклов с принудительным воспламенением смеси)

Под руководством профессора Н.Г. Мозохина в 1958-1963 гг. на Горьковском автозаводе сконструированы и построены двигатели: ГАЗ-51Ф, работающий на обедненных смесях (верхнеклапанный) по схеме Р-6, ЗМЗ-24 (Р-4) и ГАЗ-24-14 (V-6-60) 3,0 дм³, ЗМЗ-66 (V-8) 4,25 дм³.

Теоретическими аналогами действительных рабочих циклов этих двигателей предусмотрен прирост полезной площади индикаторной диаграммы за счет следующих мероприятий: получения дополнительной площади вблизи ВМТ вследствие некоторого повышения степени сжатия с последующим двухступенчатым подводом тепла на линии расширения. Двукратный подвод теплоты осуществляется дважды на линии адиабатического расширения при постоянном объеме на $\approx 1/3$ и $2/3$ длины хода поршня от ВМТ к НМТ, а отвод тепла – в НМТ при постоянном объеме.

В цикле Д.Д. Швецова (АШ-82-ФН, 1941 г.) происходит непосредственный впрыск легкого топлива форсункой в цилиндр в авиадвигателе с принудительным воспламенением смеси.

3.4.7. Турбовинтовые газотурбинные двигатели транспортных средств и их характеристики

В газотурбинных двигателях внутреннего сгорания воздух, прошедший через воздухозаборники, сжимается осевым или центробежным компрессором (см. рис. 24). Сжатый воздух попадает в камеры сгорания, куда при помощи форсунок подается топливо.

Первоначальное воспламенение топлива происходит от свечи зажигания, впоследствии образуется устойчивый фронт горения, в котором скорость горения равна скорости подачи воздуха в смеси с топливом. При этом коэффициент избытка воздуха α всегда больше 1,0. Горячие газы вращают турбину вместе с валом турбокомпрессора. Избыточная тяга турбокомпрессора вращает воздушный винт и создает реактивную струю горячих газов.

Основные характеристики турбореактивных и турбовинтовых двигателей приведены на рис. 25.

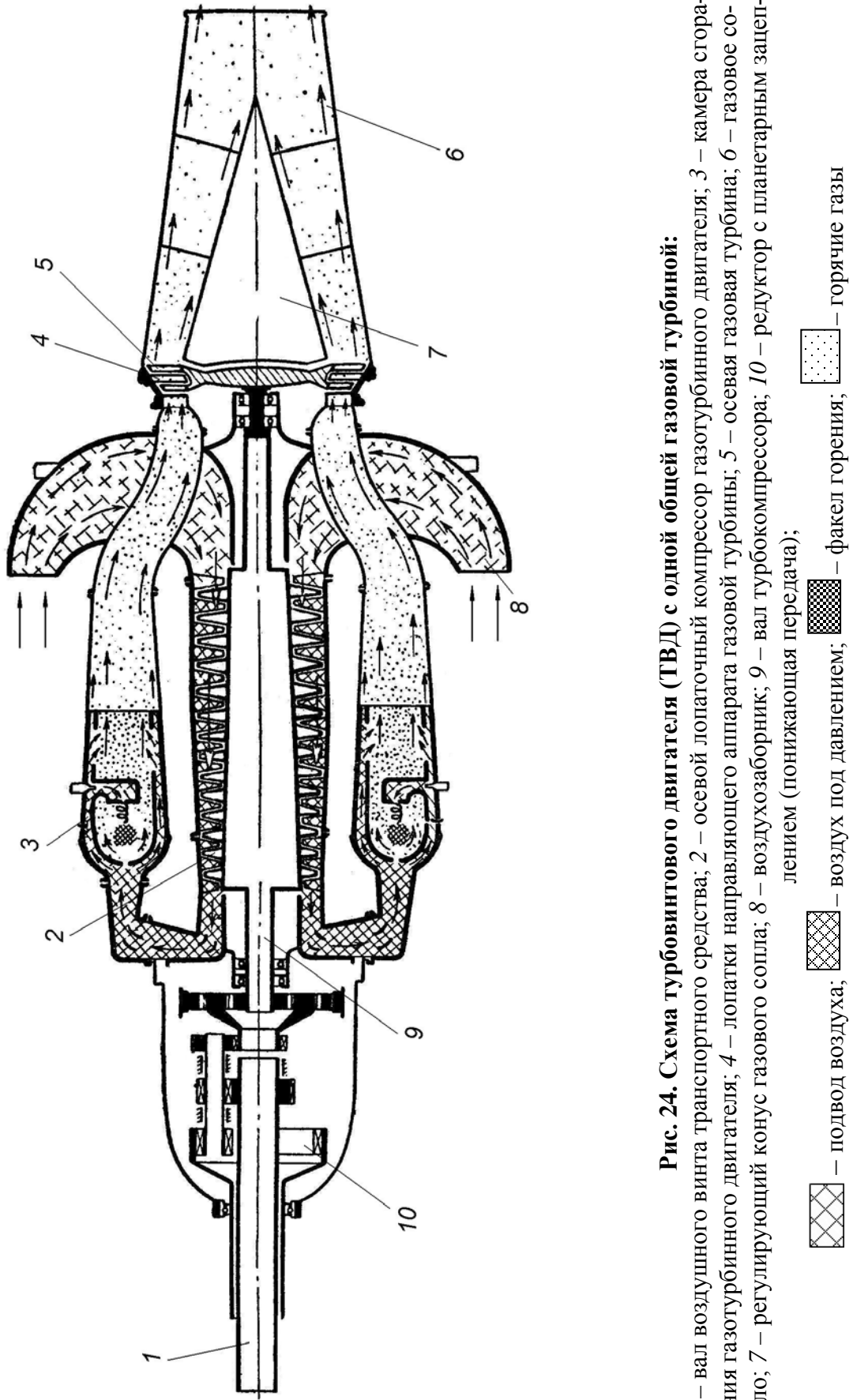


Рис. 24. Схема турбовинтового двигателя (ТВД) с одной общей газовой турбиной:

1 — вал воздушного винта транспортногo средства; 2 — осевой лопаточный компрессор газотурбинного двигателя; 3 — камера сгорания газотурбинного двигателя; 4 — лопатки направляющего аппарата газовой турбины; 5 — осевая газовая турбина; 6 — газовое сопло; 7 — регулирующийся конус газового сопла; 8 — воздушное сопло; 9 — вал турбокомпрессора; 10 — редуктор с планетарным зацеплением (понижающая передача);

[Symbol: cross-hatch] — подвод воздуха; [Symbol: diagonal lines] — воздух под давлением; [Symbol: dotted] — горячие газы; [Symbol: wavy lines] — факел горения;

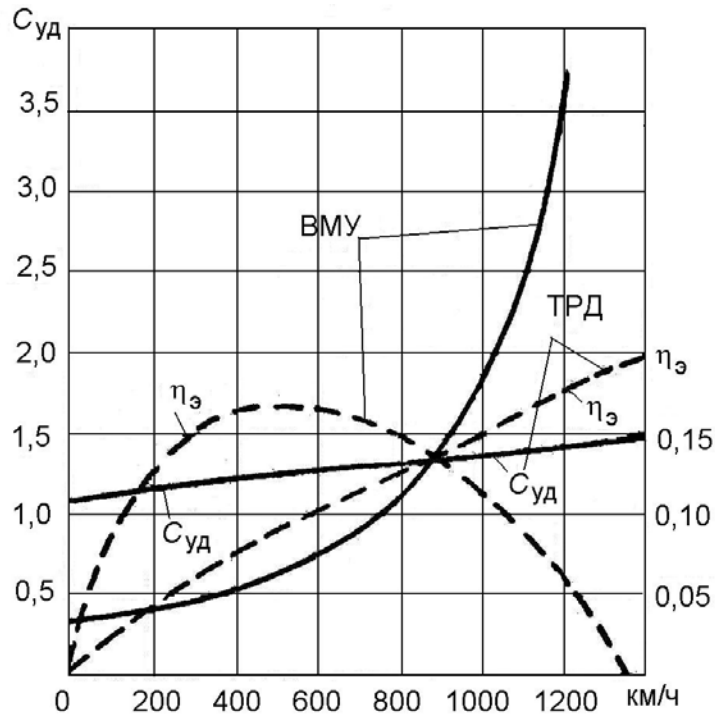


Рис. 25. Зависимости $C_{уд}$ и $\eta_э$ от скорости движения транспортного средства:
 $C_{уд}$ – удельный расход топлива (г/л.с.·ч); $\eta_э$ – аэродинамический КПД винтомоторной установки ДВС и ТВД; ТРД – турбореактивные ходовые двигатели судов на воздушной подушке и экранопланов

3.4.8. Использование энергии движения воздуха для перемещения транспортного средства

Неравномерное нагревание поверхности суши или водной поверхности приводит к возникновению движения воздушных масс, т.е. к появлению воздушных течений ветра. Использование энергии ветра привело к появлению сухопутных средств парусного передвижения – буеров и к парусным водным транспортным средствам – речным и морским парусным судам. Сила парусной тяги может быть подсчитана по формуле

$$P_w = \frac{K_c F v_B^2}{13} \frac{10}{1} \text{ (Н)},$$

где K_c – коэффициент сопротивления обтеканию ветром паруса ($K_c=1,05\dots1,15$); F – площадь «нормальной» по отношению к направлению ветра парусности судна; v_B – скорость ветра (км/ч).

При увеличении скорости ветра сила тяги увеличивается пропорционально величине v_B^2 .

Для перемещения аэросаней, судов и катеров на воздушной подушке (ВП), аэроавтомобилей винтовую тяговую характеристику $P_{в.в}$ транспортных ДВС рассчитывают по выражению

$$P_{в.в} = \frac{\eta_{в.в} \eta_{ред} \pi R^2 C_v^2}{13} \frac{10}{1} (\text{Н}),$$

где $\eta_{в.в}$ – КПД воздушного винта (0,3...0,5); $\eta_{ред}$ – КПД редуктора транспортно-го ДВС ($\approx 0,93...0,95$); R – радиус воздушного винта (м); C_v – скорость воздушной струи с поперечным сечением πR^2 , отбрасываемой воздушным винтом транспортного средства (км/ч).

Величина $P_{в.в}$ является функцией $f(n_{-1})$, где n_{-1} – число оборотов воздушного винта, приводимого в действие от ДВС перемещаемого транспортного средства.

Характеристика ДВС по винтовой мощности

$$N_e = \frac{P_c V_H n_{-1}}{225 \tau} (\text{л.с.});$$

$$M_{кр} = 7162 \frac{N_e}{n_{-1}} (\text{Н}),$$

где N_e – эффективная мощность ДВС (л.с.); P_c – среднее эффективное давление; V_H – рабочий объем ДВС; τ – тактность ДВС ($\tau=2$ или 4).

Величину N_v можно подсчитать по уравнению

$$N_v = K \beta \gamma n_{-1}^3 = C n_{-1}^3 (\text{л.с.}),$$

где K – постоянный коэффициент винта; β – коэффициент мощности винта, зависящий от условий движения транспортного средства; γ_0 – удельный вес воздуха; $\beta \gamma = C$; n_{-1} – рабочий интервал для оборотов ДВС (на рис. 26 заштрихован).

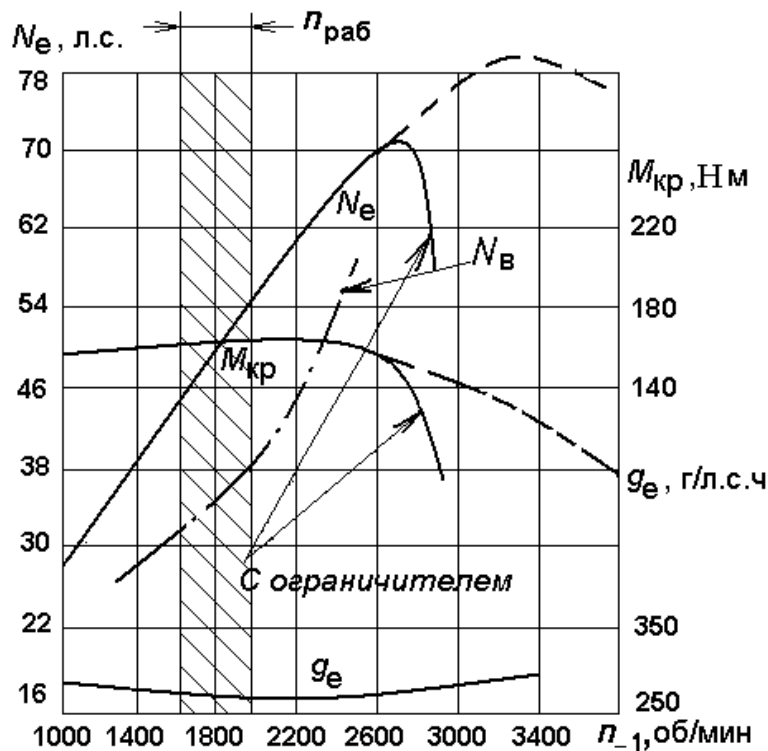


Рис. 26. Скоростная (внешняя) характеристика двигателя

В 1934 г. в ГИИ им. А.А. Жданова, ныне НГТУ им. Р.Е. Алексеева, под научным руководством доцента М.В. Веселовского была организована Научно-исследовательская лаборатория снегоходных машин (НИЛСМ). Коллектив лаборатории занимался разработкой конструкций аэросаней и исследованием взаимодействия аэросанных лыж со снегом. При этом основными направлениями деятельности НИЛСМ были:

- 1) выбор принципиальных схем аэросаней и подвески их корпуса;
- 2) разработка инженерных методов расчета и выбор основных параметров и характеристик аэросаней;
- 3) исследование применимости различных материалов для аэросанных лыж;
- 4) исследование вопросов трогания с места и движения аэросаней по снегу, изучение их тягово-скоростных свойств, топливной экономичности и проходимости;
- 5) исследование физико-механических свойств снега как поверхности движения лыж аэросаней;
- 6) создание опытных образцов аэросаней для использования в народном хозяйстве страны и для Красной армии.

По разработкам НИЛСМ было налажено промышленное производство аэросаней на предприятиях Горьковской области. Во время Финской и Великой Отечественной войн аэросани, разработанные под руководством М.В. Веселовского, использовались в военных операциях, а также при перевозках раненых и грузов. Всего в стране за годы войны было изготовлено около 2,5 тыс. аэросаней различных типов и конструкций.

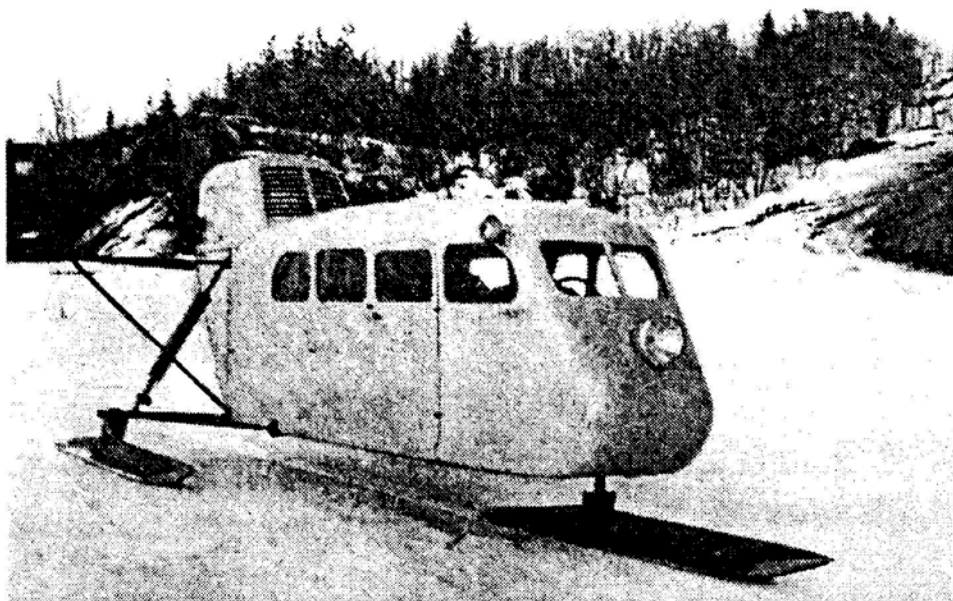


Рис. 27. Аэросани КМ-5, серийно изготавливаемые на Горьковском заводе «Красный металлист» в 1936-1939 гг.

3.4.9. Использование маховичных силовых агрегатов для автомобилей

Чрезвычайно интересные и перспективные работы по созданию маховичного силового агрегата были проведены лабораторией прикладной физики университета им. Дж. Гопкинса (США). На основе разработанных там под руководством д-ра Д.В. Рабенхорста так называемых «супермаховиков» в США предполагается создание не только силовых агрегатов для автобусов и легковых автомобилей, но и для самолетов, подводных лодок, космических систем и пр. Перспективные супермаховики, по данным Д.В. Рабенхорста, более чем вдвое превышают по энергетическим показателям лучшие электрические аккумуляторы и гораздо эффективнее их по удельной мощности (мощности на единицу веса) и по продолжительности зарядки.

Вполне вероятно, что городской автобус явился первым «потребителем» супермаховиков, так как ярко выраженный циклический характер работы, частые перегрузки силового агрегата и торможения создают неблагоприятные условия для работы электроаккумуляторных силовых агрегатов на автобусах. При этом если гиробусы фирм «Эрликон» и «Локхид» проходили между зарядками путь всего в несколько остановок (до 10 км), то установка на них супермаховичных агрегатов позволила бы пройти весь путь от одной конечной остановки до другой без подзарядки. Это, по единодушному мнению специалистов, качественно изменило бы гиробусы, пока еще привязанные к определенному маршруту, и, безусловно, обеспечило бы «зеленую улицу» этому виду транспорта.

Кроме того, Д.В. Рабенхорст предлагает снабдить гиробус супермаховиком повышенных размеров, чтобы он смог работать без подзарядки весь день. В этом случае гиробусы можно было бы заряжать ночью, когда стоимость электроэнергии минимальна.

Большим преимуществом гиробусов по сравнению с автобусами является то, что они совершенно не загрязняют атмосферу, бесшумны, имеют плавный ход и экономичны.

Однако наибольший интерес представляет оригинальный проект маленького городского легкового автомобиля с супермаховичным двигателем. Масса автомобиля чуть более 500 кг и включает 150 кг полезного груза.

Мощность двигателя автомобиля исходя из данных по шинам и аэродинамике автомобилей США начала 70-х годов и крейсерской скорости 90 км/ч составляет около 4,5 л. с. При проектировании автомобиля предполагалось движение в течение двух часов, что составляет путь пробега 180 км, и запас энергии в маховике – 9 л. с.·ч, или 6,7 кВт·ч. Подробный анализ движения автомобиля с инерционным двигателем в городе позволил сделать следующие выводы:

1. Энергия, затрачиваемая на разгон автомобиля, в три раза больше энергии, затрачиваемой на преодоление расстояния, равного пути разгона, на установившейся скорости.

2. Системой рекуперативного торможения, доступной маховичным силовым агрегатам, восстанавливается 25 % всей энергии¹.

3. Полезно может использоваться лишь около 75 % всей энергии маховика.

Исходя из этого Д.В. Рабенхорст увеличивает необходимый запас энергии, а следовательно, и общую массу супермаховика на 33 %.

В качестве трансмиссии выбрана гидростатическая с приводом на четыре мотор-колеса.

Д.В. Рабенхорст отмечает, что в автомобиле с инерционным двигателем отсутствуют такие необходимые для обычного автомобиля агрегаты и системы, как сцепление, приводной вал, дифференциал, полуоси, тормозная система, аккумуляторы, стартер и генератор, система охлаждения, топливная система. Автомобиль с инерционным двигателем может быть приведен в движение практически мгновенно, так как ускорения при разгоне весьма велики.

Для разгона маховика применяется электродвигатель авиационного типа, который подключают к сети. Время разгона составляет 20...25 мин.

Массы важнейших узлов автомобиля Д.В. Рабенхорста (рис. 28) следующие, кг: маховик – 100; корпус маховика и подвеска – 25; электродвигатель авиационного типа – 18,4; гидронасос 50 л. с. – 11,4; четыре гидравлических мотор-колеса общей мощностью 50 л. с. – 10; контрольное оборудование и приборы – 9; ходовая система – 175; полезный груз – 150; кузов – 270. Итого полная масса автомобиля около 600 кг.

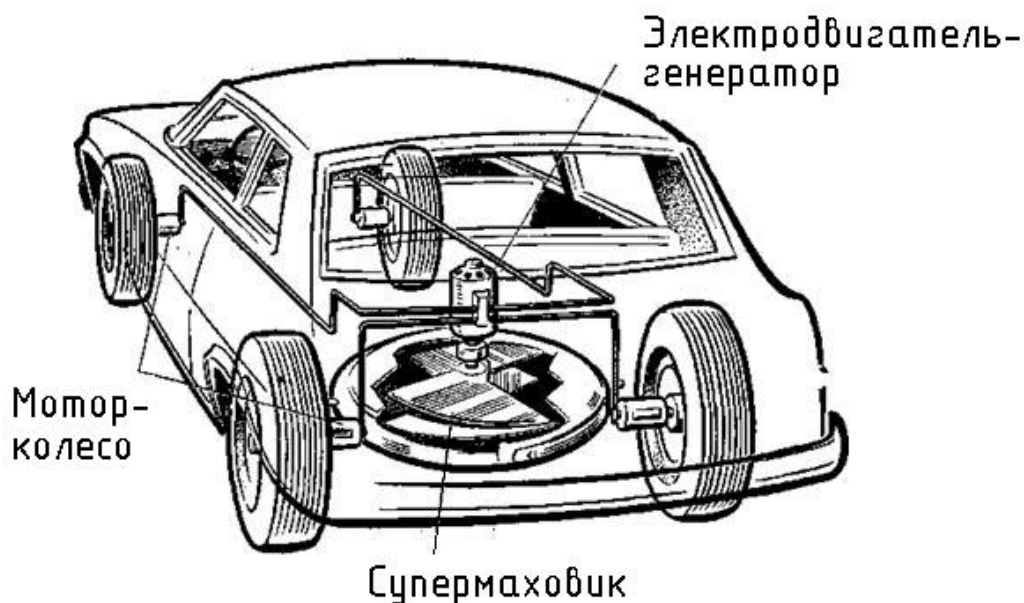


Рис. 28. Инерционный автомобиль д-ра Д.В. Рабенхорста

¹ По другим данным (как зарубежным, так и нашим), этот процент восстановленной энергии может быть еще выше (см. «Инерционные рекуператоры и гибридные схемы»).

Эксплуатационные данные следующие: крейсерская скорость – 90 км/ч; путь пробега – 180 км; путь пробега по городу с учетом частых остановок – 170 км; максимальная скорость – свыше 110 км/ч; время разгона от 0 до 100 км/ч – 15 с; стоимость пробега – 0,6 долл. (54 коп. по курсу 1972 г.) на 100 км.

Данные маховичного силового агрегата автомобиля Д.В. Рабенхорста: объем маховика – 14 дм³; полезно используемая масса – 75 кг; полезно используемая энергия 6,7 кВт·ч; начальная скорость маховика – 23 700 об/мин; конечная скорость – 11 900 об/мин; мощность потерь – менее 0,01 л. с. Снижение потерь энергии до столь малой величины достигают помещением супермаховика в герметичный вакуумированный корпус с выводом вала через уплотнения из магнитной жидкости (рис. 29). Выбег маховика (свободное вращение) будет длиться свыше 1000 ч, или более 41 сут.; выбег маховика гиробуса фирмы «Эрликон» – 12 ч, а маховика-рекуператора фирмы «Кларк» (см. «Инерционные рекуператоры и гибридные схемы») – около недели.

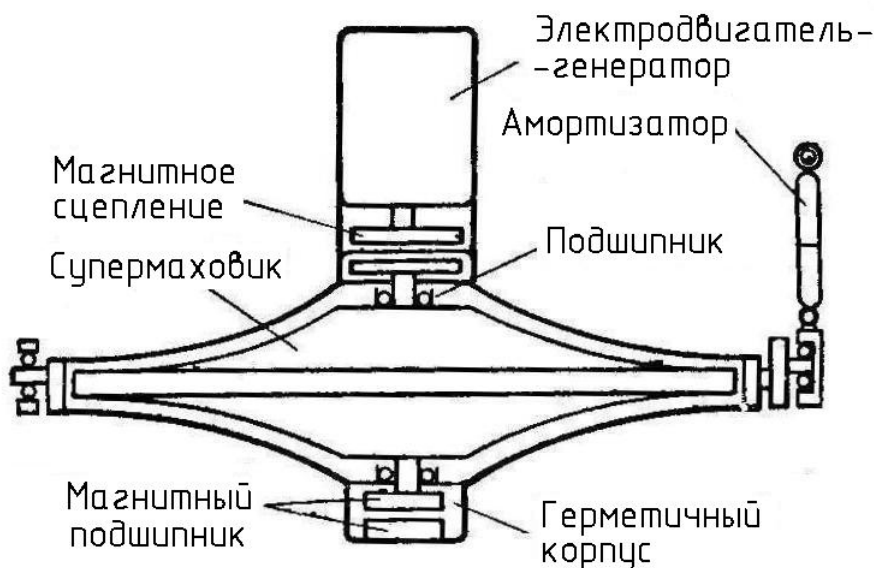


Рис. 29. Маховичный силовой агрегат автомобиля Д.В. Рабенхорста

Подшипники супермаховика с сухой смазкой воспринимают нагрузку только гироскопическую или динамическую при тряске, а вес супермаховика воспринимается магнитной подвеской из сильных постоянных магнитов. Валы электродвигателя и супермаховика соединяются магнитной муфтой; при свободном выбеге муфта расцепляется и потери на вращение электродвигателя устраняются. Характерно, что как электродвигатель, так и подшипники супермаховика находятся в обычных атмосферных условиях, а не в вакууме, что существенно улучшает условия их работы. Это стало возможным благодаря созданию высококонцентрированных магнитных жидкостей для герметичных уплотнений валов супермаховика.

Для предохранения от тряски и уменьшения гироскопических воздействий корпус супермаховика подвешен на упругих амортизаторах.

Новейший и совершеннейший маховичный силовой агрегат Д.В. Рабенхорста, как и агрегаты фирм «Эрликон» и «Локхид», в принципе повторяют, конечно, на более высокой ступени инерционный аккумулятор А.Г. Уфимцева. Это еще раз свидетельствует о выдающемся таланте А.Г. Уфимцева, о необходимости тщательного изучения его научно-технического наследия по инерционным двигателям.

Рекуперирование энергии торможения автомобиля

Рабочий процесс каждой машины обязательно включает в себя разгоны и замедления. Для машин непрерывного действия эти процессы играют незначительную роль, так как их работа имеет характер установившегося режима. Для машин же циклического действия, например, городского транспорта, процессы разгона и замедления составляют значительную часть рабочего цикла. Рассматривая эти два процесса, можно заметить, что в первом случае происходит накопление кинетической энергии, во втором же случае – ее уменьшение. Кинетическая энергия при замедлениях автомобиля расходуется на его движение, а также рассеивается (диссипирует) в тормозах.

О резервах кинетической энергии, которые могли бы быть использованы в машинах циклического действия, упоминается в работах академика Е.А. Чудакова.

Профессор Н.К. Куликов предложил формулу для определения экономического эффекта использования энергии торможения автомобиля, %:

$$\Delta > \frac{100\eta n v_{\max}^2}{26000\psi g + (n+1)v_{\max}^2},$$

где η – КПД силовой передачи автомобиля; n – число остановок на пути в 1 км; v_{\max} – максимальная скорость автомобиля на этом участке пути; ψ – коэффициент сопротивления дороги; g – ускорение силы тяжести, равное $9,81 \text{ м/с}^2$.

Объективная оценка резервов кинетической энергии, обуславливающих эффективность их использования для различных машин в различных условиях их эксплуатации, требует установления особого критерия, который может быть определен из рассмотрения энергетического баланса любой движущейся машины.

Отношение энергии $E_{\text{п}}$, затраченной на полезные сопротивления к полной энергии $E_{\text{о}}$, может служить критерием для оценки резерва кинетической энергии в машине в заданных условиях:

$$\delta = \frac{E_{\text{п}}}{E_{\text{о}}}.$$

С улучшением использования энергии значение δ , увеличиваясь, стремится к единице. Резерв кинетической энергии при этом соответственно уменьшается.

В качестве примера в табл. 9 приводятся значения δ для различных циклов работы городского транспорта на пневмошинах – автобусов, троллейбусов и др. Для простоты оценки аэродинамическими сопротивлениями пренебрегаем.

Таблица 9

Значения δ для различных видов работы городского транспорта

Расстояние между остановками, м	Значение δ при начальной скорости торможения, км/ч						
	10	20	30	40	50	60	70
100	0,8	0,49	0,3	0,196	–	–	–
200	0,89	0,66	0,464	0,32	0,238	–	–
300	0,92	0,74	0,565	0,42	0,29	0,246	–
400	0,94	0,79	0,635	0,42	0,385	0,3	0,242
500	0,95	0,83	0,69	0,55	0,44	0,35	0,284

Из приведенной таблицы следует, что δ достигает высоких значений при малой скорости и больших расстояниях между остановками. Между тем большинство современных транспортных машин работает на высоких скоростях и имеет низкое значение δ и, следовательно, большие резервы кинетической энергии.

Использование этой энергии может дать значительный экономический эффект. Особо значительный эффект может быть достигнут при малых значениях δ .

На практике кинетическая энергия движущихся машин частично используется рациональным управлением при свободном выбеге (накате) и динамическом преодолении подъемов.

Инерционные гибридные схемы автомобильных силовых агрегатов

Индивидуальные инерционные силовые агрегаты, хотя и являются перспективными для автомобилей и автобусов, требуют радикальной перестройки существующих видов транспорта. Кроме этого, создание конкурентоспособного инерционного автомобиля связано пока с определенными техническими трудностями. Поэтому в настоящее время признаны целесообразными паллиативные решения – так называемые гибридные схемы силовых агрегатов, представляющие собой совокупность двигателя внутреннего сгорания и инерционного двигателя.

Отличаясь небольшими габаритами и массой от индивидуального инерционного двигателя, инерционный силовой агрегат гибрида в значительной мере обеспечивает его положительные качества. Гибридный силовой агрегат позволяет в два раза и более сократить мощность основного двигателя, значительно уменьшить расход топлива, повысить динамические качества автомобиля, сократить до разумных пределов токсичность продуктов неполного сгорания топлива. При этом гибридный силовой агрегат, существенно не отличаясь от обычного двигателя по габаритам и массе, может быть установлен на автомобилях существующих конструкций без их существенной переделки (табл. 10).

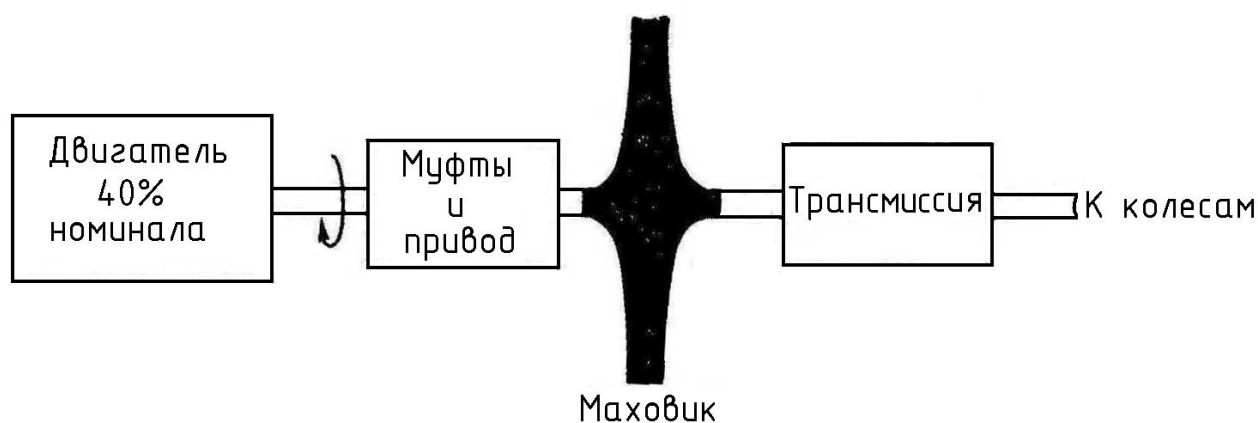


Рис. 30. Гибридная схема (двигатель внутреннего сгорания + инерционный двигатель) силового агрегата

Таблица 10

Сравнение трансмиссий различных типов для гибридной системы легкового автомобиля и городского автобуса

Трансмиссии	Легковой автомобиль			Городской автобус		
	Коэффициент эффективности	Объем, дм ³	Масса, кг	Коэффициент эффективности	Объем, дм ³	Масса, кг
Электрическая:						
единая	0,588	120	220	0,6254	560	920
двойная	0,369	140	245	0,4267	600	950
Гидростатическая:						
единая	0,745	115	128	0,7681	720	870
двойная	0,626	130	132	0,6615	830	960
С разделением мощности:						
единая	1,0	130	142	1,000	900	1020
двойная	0,835	180	178	0,8495	1170	1330

Уместно заметить, что разрабатываемые отечественные системы отбора мощности от маховика являются механическими и обладают специфическими свойствами, отличными от обычных трансмиссий. По диапазону регулирования и КПД эти трансмиссии эффективнее гидростатических и электрических.

В табл. 11 представлены значения вредных эмиссий для карбюраторных двигателей и гибридной системы для легкового автомобиля и для карбюраторных и дизельных двигателей и гибридных систем с этими двигателями для городского автобуса в сравнении с требованиями закона чистого воздуха.

Таблица 11

Значения вредных эмиссий для карбюраторных систем

Наименование	Эмиссии, г/км		
	HC	CO	NO ₂
Стандарт для легкового автомобиля	0,29	2,94	0,31
Данные маховичной гибридной системы легкового автомобиля с карбюраторным двигателем	0,05	0,89	0,38
Данные маховичной гибридной системы городского автобуса:			
с карбюраторным двигателем	0,337	5,8	2,40
с дизельным двигателем	1,13	1,14	5,65

Представляет интерес компоновка гибридного силового агрегата на легковом автомобиле и автобусе. На рис. 31 показан автомобиль с маховиком, смонтированным вместе с двигателем. Двигатель слегка передвинут вперед, чтобы компенсировать большую длину приводной трансмиссии маховика, вмонтированного вместо гидротрансформатора. Можно заметить, что сам двигатель в этом случае будет существенно меньшим, чем без гибрида. Трансмиссия гибрида, монтируемого вместе с двигателем, показана на рис. 32.

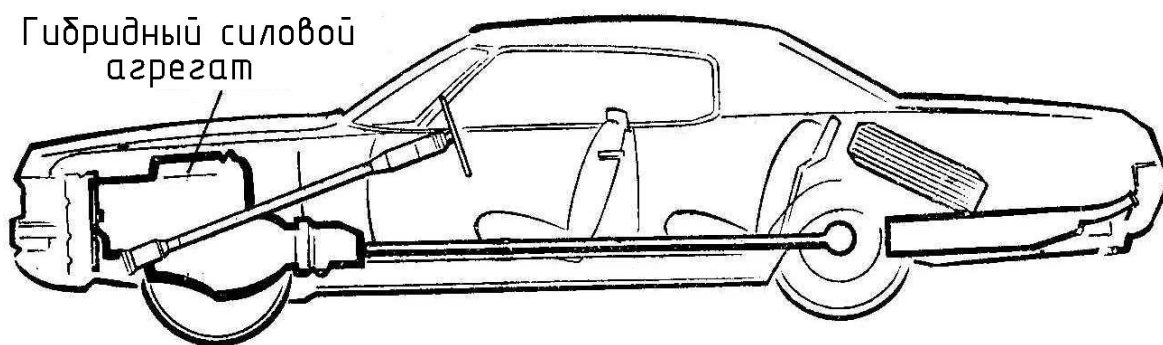


Рис. 31. Компоновка гибридного силового агрегата, смонтированного заодно с двигателем внутреннего сгорания (схема маховичной части)

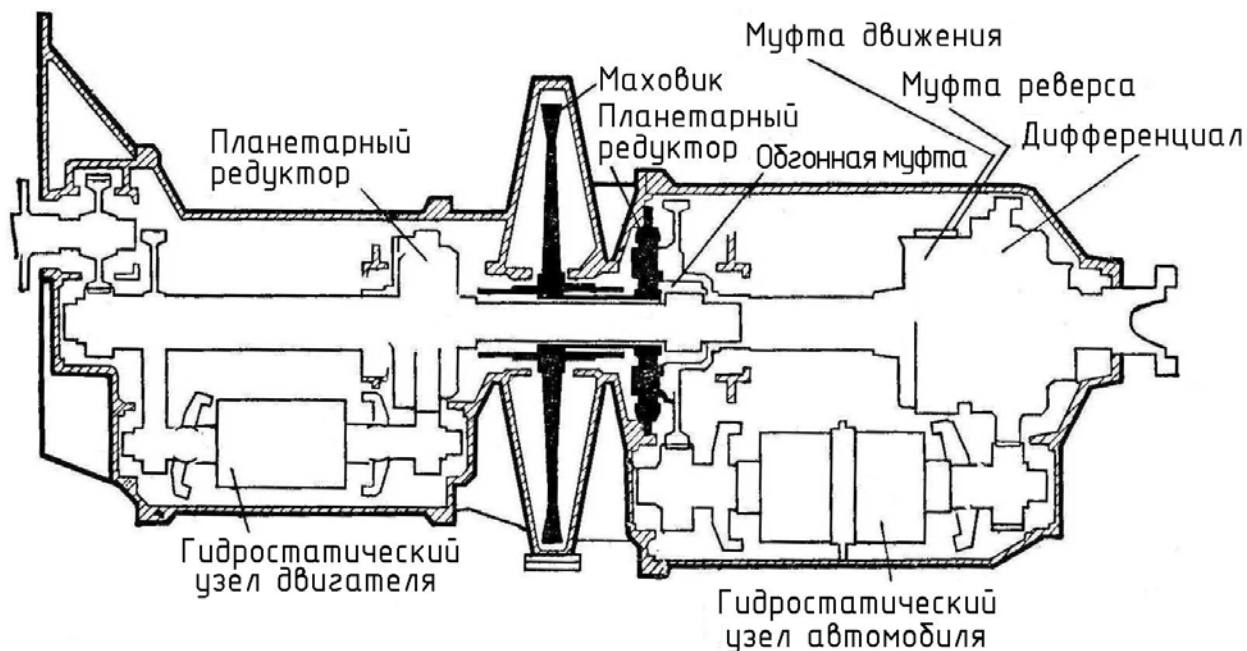


Рис. 32. Схема расположения маховичной части гибрида, смонтированного заодно с двигателем

На рис. 33 показан автомобиль с другим – дифференцированным расположением маховичной части гибрида. Маховик в герметичном корпусе и его трансмиссия расположены в задней части автомобиля самостоятельным, упруго подвешенным узлом. Такое расположение предоставляет больше места силовому агрегату; схема этого автономного маховичного силового агрегата представлена на рис. 34.

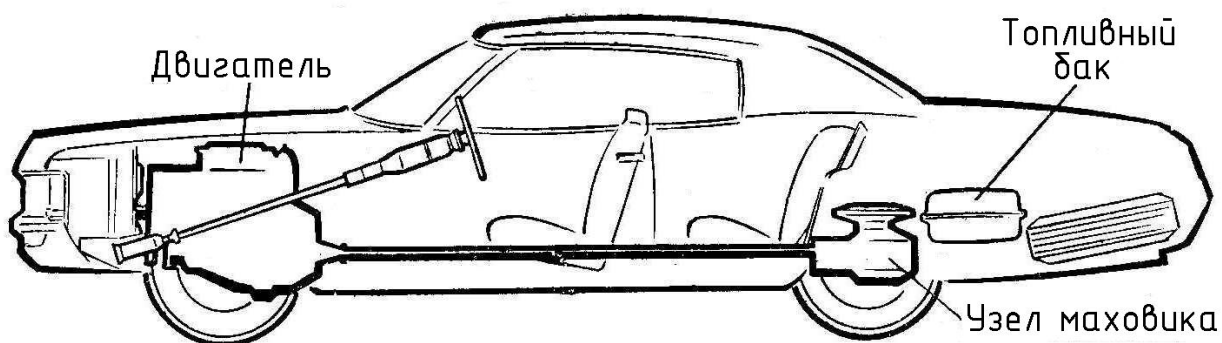


Рис. 33. Компоновка гибридного силового агрегата с раздельным расположением двигателя и маховичного агрегата

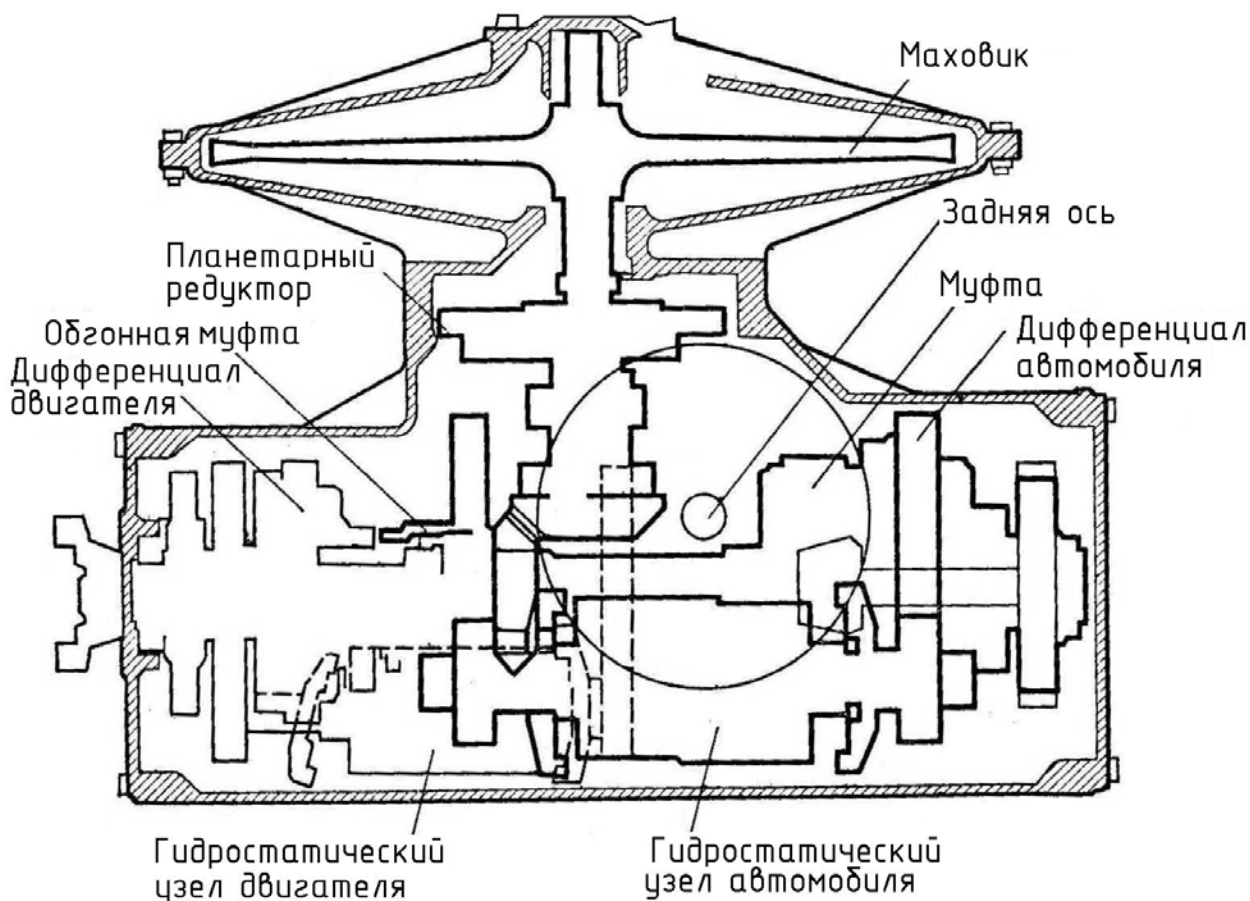


Рис. 34. Схема расположения маховичной части гибрида, установленного отдельно от двигателя

Сегодня по основным показателям – удельной энергоёмкости и сроку консервации энергии – инерционные силовые агрегаты уже приблизились к электрическим. Разработанные отечественные конструкции супермаховиков, наряду с высокой удельной энергоёмкостью, соизмеримой с этим показателем для электроаккумуляторов, обладают безопасным разрывом, что особо важно для маховичных силовых агрегатов автомобилей.

Продолжительность консервации энергии в современных маховиках уже достаточно велика – свободный выбег длится от недели (маховик Кларка) до месяца и более (супермаховик Д.В. Рабенхорста).

Разработанные трансмиссии и специфические типы маховичных приводов позволяют производить эффективный отбор механической энергии маховика, придают ему удобную «мягкую» характеристику.

По удельной мощности маховики уже давно превосходят любые типы двигателей. Известно, что когда возникает потребность в пиковых нагрузках и мощностях, всегда применяют маховики. Но важнейшим показателем, характеризующим конкурентоспособность того или иного типа аккумулятора для силового агрегата автомобиля, остается, конечно, удельная энергоёмкость. Всегда отстающий по этому показателю маховик оказывался при подробном изучении перспективнее других аккумуляторов.

Перспективные маховики – супермаховики – накапливают огромную удельную энергию благодаря высокой удельной прочности волокон, проволок и лент, из которых они изготовлены. И если сегодня прочность промышленных волокон, идущих на изготовление супермаховиков, не превышает 200 кгс/мм^2 , то в лабораторных условиях уже несколько лет назад получены волокна прочностью $2500 \dots 3700 \text{ кгс/мм}^2$. Если супермаховики, изготовленные из первых материалов, уже сравнимы с серебряно-цинковыми электрическими аккумуляторами, то, изготовленные из вторых, они во много раз превысят энергоемкость самых лучших электроаккумуляторов.

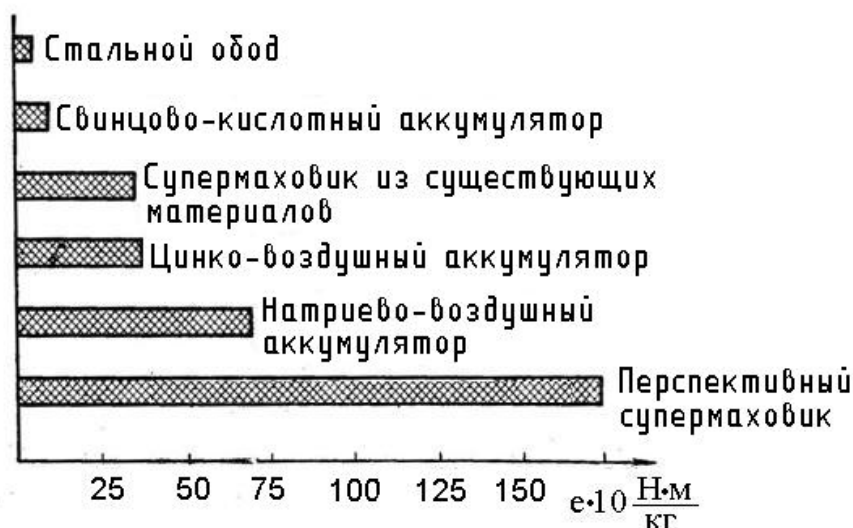


Рис. 35. Диаграмма сравнительной удельной энергоемкости аккумуляторов энергии (по данным Д.В. Рабенхорста)

3.5. ГУСЕНИЧНЫЕ, ВОДОМЕТНЫЕ, РОТОРНО-ШНЕКОВЫЕ ДВИЖИТЕЛИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ, ЛЕТАЮЩИЕ АВТОМОБИЛИ

3.5.1. Гусеничные движители транспортных средств

Детали и механизмы, преобразующие вращательное движение ведущих колес в поступательное движение, в своей совокупности представляют собой гусеничный движитель. Он обеспечивает небольшое удельное давление на грунт – давление, приходящееся на 1 см^2 площади опоры и, следовательно, высокую проходимость. У современных гусеничных транспортных средств удельное давление составляет $0,8 \dots 0,85 \text{ кг/см}^2$, у легких – $0,5 \dots 0,6 \text{ кг/см}^2$. Для сравнения укажем, что у большинства грузовых автомобилей оно в $4 \dots 8$ раз больше.

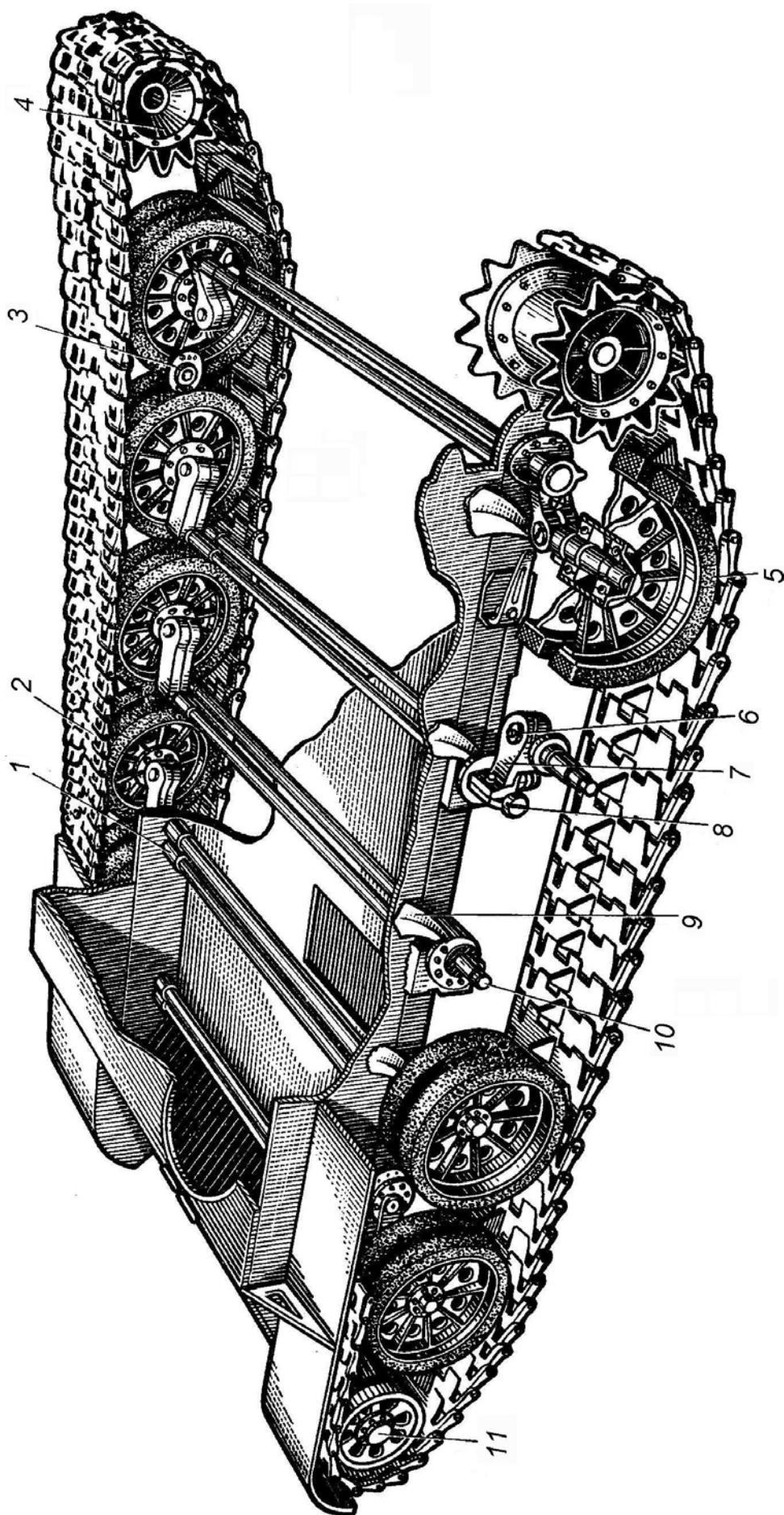


Рис. 36. Ходовая часть:

1 – кронштейн балансира; 2 – гусеница; 3 – амортизатор; 4 – опорный каток; 5 – ведущее колесо; 6 – буфер; 7 – балансира; 8 – опора балансира; 9 – упор; 10 – торсионный вал; 11 – направляющее колесо

Гусеничный движитель (рис. 36) состоит из гусеничных цепей (гусениц), ведущих колес, опорных катков и направляющих колес с натяжными устройствами. На некоторых имеются еще и поддерживающие катки.

Основным элементом движителя являются гусеницы, создающие необходимую опорную поверхность. Они собираются из отдельных звеньев, называемых *траками*, и шарнирно соединяются между собой пальцами. По конструкции шарнирных соединений гусеницы выполняются с открытыми металлическими и резинометаллическими шарнирами.

Наиболее широкое распространение получили гусеницы с открытым шарниром. Они просты по конструкции, дешевы в изготовлении и легко заменяемы.

На рис. 37 показан трак гусеницы. Каждый такой трак имеет два окна. В них входят зубья ведущего колеса, перематывающего гусеничную цепь по опорным каткам и направляющему колесу. Наружная поверхность траков рельефная, благодаря чему обеспечивается хорошее сцепление с грунтом. Внутренняя – гладкая по обе стороны гребня. Она образует беговую дорожку для опорных катков. Гребни направляют гусеницу по опорным каткам и не дают ей спадать. У ПТ-76 одинарные опорные катки. Поэтому его траки имеют по бокам два гребня.

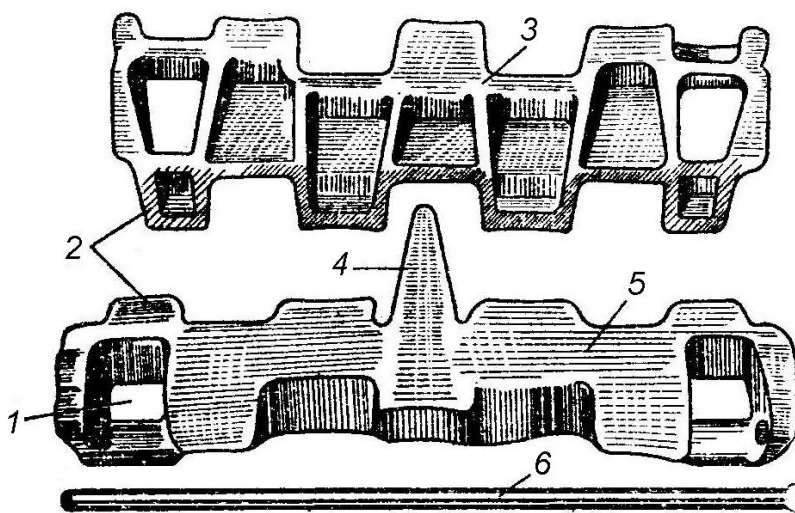


Рис. 37. Трак и палец:

1 – окно трака; 2 – проушина трака; 3 – грунтозацеп; 4 – гребень; 5 – беговая дорожка;
6 – палец

В проушинах трака сделаны отверстия для пальцев, соединяющих траки между собой. Головка пальца не дает ему выйти из проушины наружу. В случае выхода пальца в сторону борта он при перематывании гусеницы возвращается в исходное положение специальными отбойными, кулаками, укрепленными на крышке бортовой передачи и бортовом листе корпуса.

3.5.2. Водометные движители транспортных средств

Плавающие транспортные средства оснащены специальными водометными движителями, создающими силу, необходимую для преодоления сопротивления воды и осуществления поступательного движения. По принципу действия такие движители относятся к движителям гидрореактивного типа. Они создают тягу непрерывным отбрасыванием воды в направлении, противоположном движению, а величина этой реактивной тяги зависит от количества и скорости отбрасываемой воды. Чем больше реактивная сила, тем выше и скорость движения машины на воде.

Водометные движители не имеют движущихся частей снаружи корпуса машины, что очень важно для их сохранности как при движении по суше, так и на плаву, и особенно на мелководье. Для предохранения движителя от поломок приемное отверстие водомета снабжено защитной решеткой, препятствующей засасыванию в движитель посторонних предметов.

На ПТ-76 в силовом отделении вдоль бортов расположены два водометных движителя. Каждый из них имеет водяной насос, приемный патрубок, водопроточную трубу, два патрубка, заслонку карданного вала и трубу заднего хода (см. рис. 38). Заборный патрубок прикреплен к днищу танка и закрыт защитной решеткой.

Водяной насос состоит из корпуса, отлитого заодно с лопатками направляющего аппарата, одноступенчатого редуктора и рабочего колеса. Направляющий аппарат служит для выпрямления вращающегося потока воды, что уменьшает потери на трение.

Корпус насоса является соединительным звеном между приемным патрубком и водопроточной трубой. В корпусе установлены рабочее колесо и привод к нему. Рабочее колесо – стальное с пятью профилированными лопастями, отлитыми заодно со ступицей. Вместе с ведомой шестерней оно установлено на шариковом и роликовом подшипниках, наружные обоймы которых смонтированы в стакане и закреплены к картеру редуктора.

В водопроточную систему входит водопроточная труба, сопловой и кормовой патрубки и труба заднего хода. Водопроточная труба переменного сечения: ее диаметр на входе 350 мм, на выходе 235 мм. Кормовой патрубок расположен на кормовом листе корпуса. К нему приварена труба заднего хода с направляющими пластинками. Выходное отверстие патрубка перекрывается заслонкой, благодаря чему обеспечивается управление танком при движении на плаву. Каждая заслонка имеет свой привод управления, состоящий из рычага управления, соединительных мостиков, рычага валика заслонки и соединительных тяг.

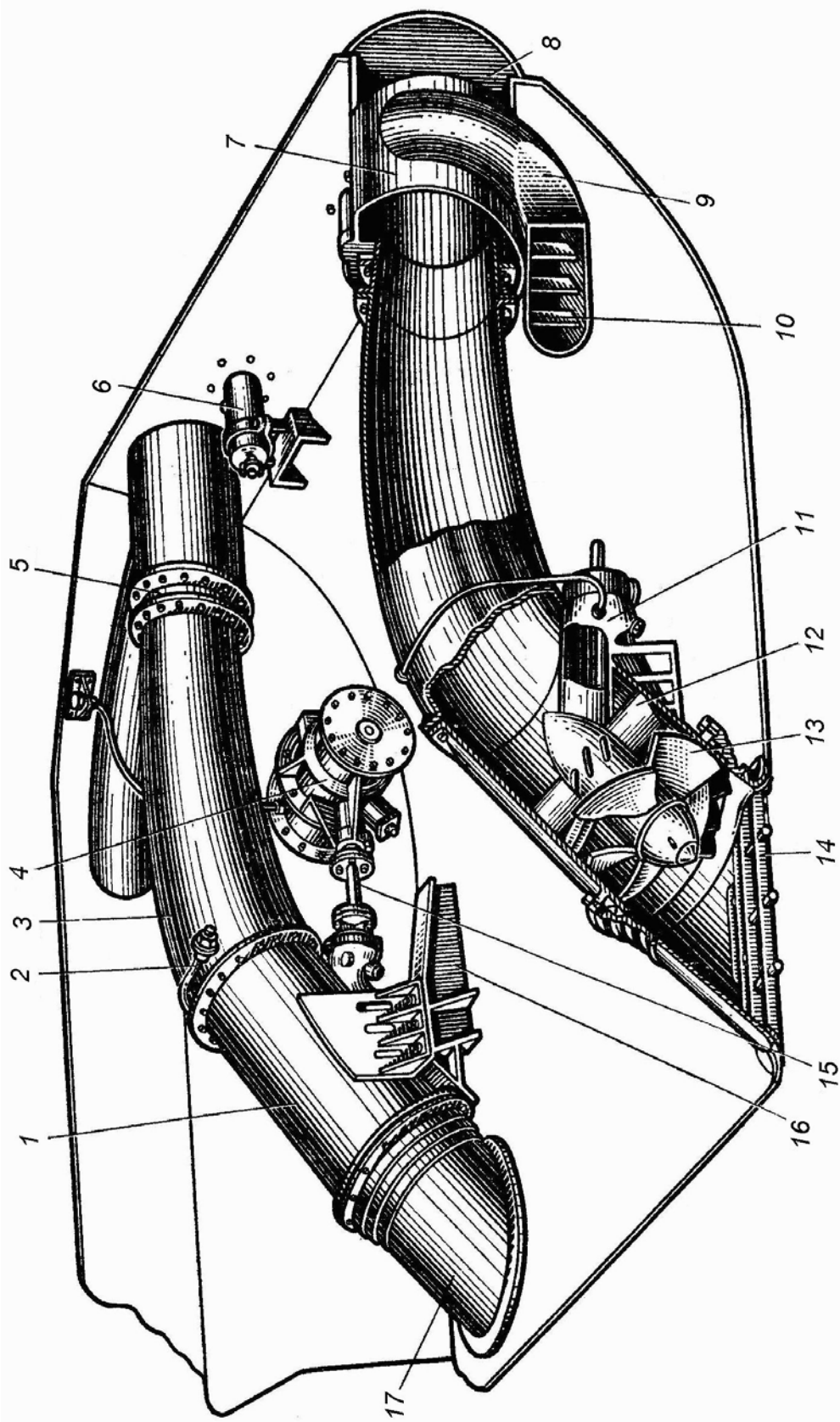


Рис. 38. Водометный движитель:

1 – корпус водяного насоса; 2 – трубка для заправки смазки; 3 – водопроточная труба; 4 – внутренний редуктор; 5 – сопловый патрубок; 6 – корпус привода к заслонке; 7 – кормовой патрубок; 8 – заслонка; 9 – труба заднего хода; 10 – броневая перегородка; 11 – картер привода; 12 – лопатки направляющего аппарата; 13 – рабочее колесо; 14 – решетка; 15 – карданный вал; 16 – постамент; 17 – приемный патрубок

Включаются и выключаются водометные движители с помощью рычагов управления внутренних редукторов. Когда рычаг управления находится в положении «включено», вращение от ведущего вала внутреннего редуктора передается через муфту переключения, пару конических шестерен, карданный вал и одноступенчатый редуктор на рабочее колесо водяного насоса. Вода, забираемая насосом, проходит через решетку, направляющий аппарат, водопроточную систему и при открытой заслонке с большой скоростью выбрасывается через кормовой патрубок. При этом создается реактивная сила,двигающая плавающее транспортное средство вперед. Скорость на плаву достигает 10 км/ч.

На рис. 39 приведен общий вид гусеничного вездехода «Ухтыш», разработанного в НГТУ им. Р.Е. Алексеева, а в табл. 12 приведены его технические характеристики.



Рис. 39. Вездеход «Ухтыш»

Техническая характеристика гусеничного транспорта особо легкого класса «Ухтыш»

Общие данные	
Полная масса, кг	2700
Масса снаряженной машины, кг	2300
Количество мест (с водителем)	5
Среднее удельное давление на грунт с полной нагрузкой, кПа (кгс/см ²)	12,5 (0,125)
Максимальная скорость движения по дорогам с твердым покрытием, км/ч	60
Скорость движения на плаву, км/ч:	
за счет перематывания гусениц	4–5
при установке водомета	10–12
База, мм	2500
Колея, мм	1655
Клиренс, мм	400
Габариты, мм:	
длина	4195
ширина	2055
высота по багажнику	2130
Двигатель	
Модель двигателя	УМЗ-4218-10 ЗМЗ-408У-10 ЗМЗ-4104-10
Трансмиссия	
Сцепление	Однодисковое, сухого трения, замкнутое
Коробка передач	4-х ступенчатая, механическая
Дополнительная коробка передач	Механическая, 2-х ступенчатая
Главная передача	Одноступенчатая, коническая, с круговыми зубьями, передаточное число: 1,9

Бортовая передача	Одновальная, карданная, с двумя шарнирами, передаточное число: 2,56
Механизм поворота	Бортовой фрикционного сухого трения многодисковый
Привод управления бортовыми фрикционами и остановочными тормозами	Пневматический
Стояночный тормоз	Трансмиссионный, барабанно-колодочного типа, с ручным приводом
Ходовая часть	
Тип движителя	Гусеничный
Опорные катки	Сдвоенные, с обрешеченным ободом
Диаметр опорных катков, мм	420 мм, 6 на борт
Поддерживающие ролики	180 мм
Диаметр поддерживающих роликов, мм	Заднего расположения, цевочного зацепления, по два сменных зубчатых венца
Ведущие колеса	Винтовой, на кривошипях направляющих колес
Механизм натяжения гусениц	Винтовой, на кривошипях направляющих колес
Подвеска	Независимая торсионная с амортизаторами для передних и задних балансиров
Гусеничные ленты	Резинометаллические асфальтоходные с параллельным РМШ, односторонней жесткостью и эластичным уширителем
Ширина гусеницы с уширителем, мм	400

3.5.3. Роторно-шнековые движители наземных транспортных средств и болотоходов. Летающие автомобили

Роторно-шнековые движители используются для перемещения транспортных средств по снегу, болотам, воде, смеси воды и снега, а также при работе на очистных сооружениях. Два шнека, закрепленных на раме транспортного средства, вращаются в разные стороны и обеспечивают прямолинейное движение экипажа. При уменьшении числа оборотов одного из шнеков транспортное средство поворачивается в сторону шнека с замедленным вращением.



Рис. 40. Испытания созданного в лаборатории АМФ легкого снегоболотохода с роторно-винтовым движителем



Рис. 41. Подготовка к испытаниям мотонарт ГПИ-16ВС с роторно-винтовым движителем

Американская компания «Дженерал моторс» предлагает с 1990 г. покупателям летающие автомобили «Роудлейн» двух типов.

Одна модель оснащена мотором мощностью 40 л. с., вес машины 272 кг. На земле она развивает небольшую скорость – 40 км/ч, но в воздухе значительно большую – 96 км/ч.

На все переоборудование уходит 30 минут. Крылья складываются по бокам машины.

Вторая машина более совершенна. У нее два двигателя. Один работает на земле, другой – в воздухе.

Установка и укладка крыльев механизированы.

3.6. ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ, ЭКРАНОПЛАНЫ И СКЕГОВЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА

3.6.1. Транспортные средства на воздушной подушке

В 60...80-е годы прошлого столетия быстро развивался новый вид транспорта – аппараты на воздушной подушке, что объяснимо их простой конструкцией, способностью работать на воде, снегу, болоте и при полном бездорожье.

Аппаратом на воздушной подушке (ВП) называют машину, передвигающуюся над опорной поверхностью благодаря наличию воздушной подушки под ее днищем. В английской технической литературе принято называть эти аппараты «кушнкraft», что переводится как «судно на подушке» или «ховерkraft» – «скользящее судно». Американцы дали им название Ground Effect Machine – «аппарат, способный парить над землей».

Динамическая воздушная подушка возникает только при движении аппарата с большой скоростью. Подушку создает встречный поток воздуха *1* (рис. 42,*а*), который тормозится и сжимается в пространстве между особым образом профилированным днищем *2* машины (крылом) и экраном *3* (водной или земной поверхностью). Можно создать и такие аппараты, в которых будут использованы оба типа подушки: статическая ВП – в начале и в конце движения и динамическая ВП – при больших скоростях. Предложен ряд проектов и построено несколько экспериментальных транспортных машин с использованием принципа динамической ВП. Их обычно называют *экранопланами* (рис. 42,*б*).

Но все-таки основной тип ВП – *статическая подушка*. Этот тип подушки можно создать и на неподвижном транспортном средстве. Для ее образования (рис. 42,*в*) на его борту предусматривают специальный нагнетатель воздуха *4* (вентилятор), который подает воздух повышенного давления под днище машины. Этот воздух и создает поддерживающие аппарат силы. Так как воздух из-под машины вытекает непрерывно, то нагнетатель должен работать постоянно. Возможны следующие схемы статической ВП:

- в результате взаимодействия воздушного винта, изолированного (рис. 42,в) или в кольце 5 (рис. 42,з), с опорной поверхностью;
- камерная схема с разновидностями: жесткими стенками 6 и полным отрывом от опорной поверхности (рис. 42,д); с гибким ограждением 7 ВП (рис. 42,е), с жесткими, частично погруженными в воду бортовыми стенками 8 (рис. 42,ж);
- сопловая схема с периферийно жесткими 9 (рис. 42,з) и гибкими соплами 11 (рис. 42,и);
- воздушная пленка или смазка (рис. 42,к).

В наиболее простой схеме статической ВП – камерной – нагнетатель подает воздух в камеру под аппаратом, создавая в ней область повышенного давления. В этом случае с увеличением зазора между днищем машины и опорной поверхностью растет чрезвычайно быстро расход воздуха. Поэтому такая схема мало пригодна для транспортных аппаратов, которым необходимо преодолевать даже небольшие препятствия.

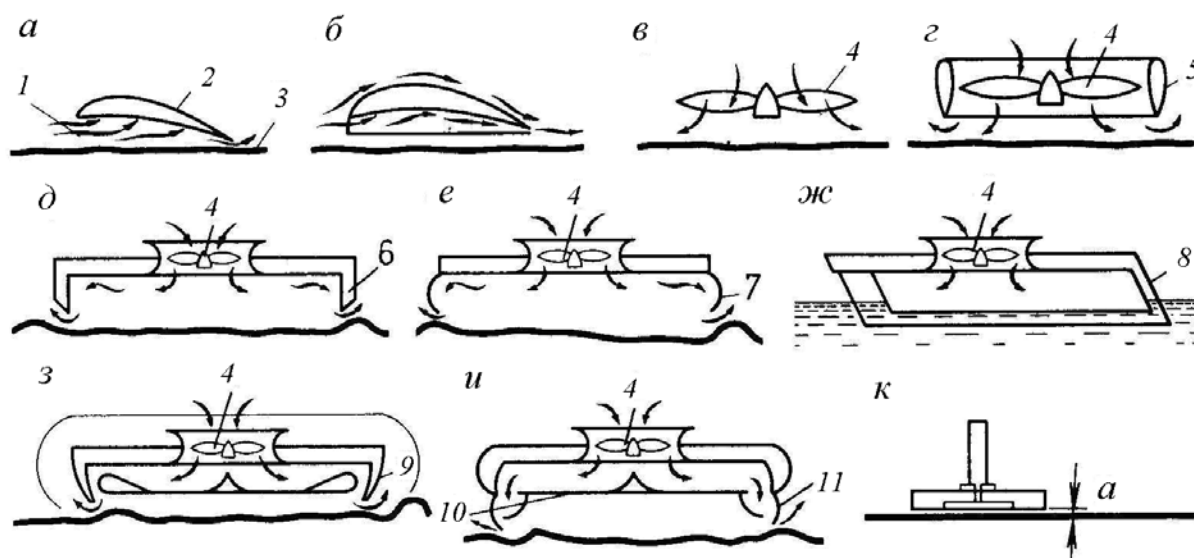


Рис. 42. Принципиальные схемы образования воздушной подушки

В сопловой схеме на уровне нижней кромки нагнетательной камеры расположена круговая перегородка 10 (см. рис. 42,з, и). Воздух, подаваемый вентилятором, заполняет пространство между перегородкой и стенками камеры. Перед выходом наружу он проходит через сопло 9 к периферии: образуется кольцевая струя воздуха. Струи воздуха, вытекающие из сопла вниз и направленные под некоторым углом к опорной поверхности, образуют под днищем машины повышенное давление, в результате чего вместе с силами реакции струй создается подъемная сила, удерживающая на должной высоте транспортное средство. При этом из воздушных струй создается своеобразная воздушная завеса, препятствующая утечке воздуха из камеры, поэтому значительно уменьшается мощность нагнетательной установки. Для большей эффективно-

сти в камерных и сопловых схемах предусматривают эластичные «юбки» и другие гибкие ограждения частично или по всему периметру днища.

Гибкое ограждение при встрече с препятствиями деформируется и обтекает его, а затем под воздействием воздуха, поступающего в область воздушной подушки, занимает исходное положение. Изобретенное в начале 50-х годов гибкое ограждение значительно ускорило процесс создания аппаратов на ВП, а также значительно расширило сферы их применения. Это такое же крупное и важное техническое открытие, как надувная резиновая шина и система подвески автомобиля. При той же мощности нагнетателя высота преодолеваемых препятствий возросла в десять раз. Гибкое ограждение позволяет без значительных потерь воздуха аппарату на ВП проходить на суше над неровностями поверхности (кустарником, пнями, рытвинами, буграми и т.д.) и над волнами. В большинстве случаев современное гибкое ограждение представляет собой двухъярусную конструкцию. Верхний ярус, который непосредственно крепится к машине, выполнен монолитным. Нижний ярус состоит из отдельных элементов, играющих роль сопел. При износе или повреждении они легко заменяются. Это снижает затраты труда при эксплуатации аппарата и повышает срок службы гибкого ограждения.

В аппаратах с так называемой воздушной смазкой (см. рис. 42,к) сжатый воздух поступает от нагнетателя в узкую плоскую щель *a*, отделяющую основание аппарата от опорной поверхности, и выходит во все стороны. Воздух обладает вязкостью и, проходя через узкую щель, тормозится, испытывая трение. При этом под днищем машины образуется зона повышенного давления. Тонкий слой воздуха, истекающий через щель, играет обычную роль смазочного масла, и тип ВП возможен лишь при очень гладких опорных поверхностях (высота подвеса составляет доли миллиметра) и в транспортных средствах не нашел применения.

Существуют аппараты и со своеобразной «обращенной» ВП – вакуумной. В такой ВП создается не повышенное, а пониженное давление по сравнению с окружающим атмосферным давлением, т.е. вакуум. Несущую силу создает здесь окружающий атмосферный воздух, именно он приподнимает машину. Такая система подвешивания бесшумна. Ее предполагали использовать для скоростных пригородных и городских поездов железнодорожного транспорта.

Главной (первой) особенностью транспортного средства на ВП является очень низкое давление этого средства на опорную поверхность. Это происходит потому, что масса аппарата с грузом равномерно распределяется по всей площади, занимаемой воздушной подушкой. Давление аппарата на ВП на опору такое же или даже меньше, чем у лыжника. Оно в сотни раз меньше, чем давление колес автомобиля. Вот откуда эта способность двигаться – не вязнуть и не тонуть – по снегу, болоту и даже по воде.

Вторая особенность транспортных средств на ВП в том, что они перемещаются по слою воздуха между основанием машины и опорной поверхностью, так как контакт между последней и аппаратом отсутствует. Поэтому при горизонтальном перемещении машины на ВП требуется преодолевать только сопро-

тивление воздушной среды, и, как следствие, для такого перемещения необходима гораздо меньшая мощность, чем для автомобилей или гусеничных машин. Кроме того, у автомобилей мощность расходуется на потери в трансмиссии, на деформацию и трение шин и т.д., а у гусеничных машин, кроме того, большие потери в системе движения гусеничного устройства. Несмотря на затраты мощности на создание самой ВП, ни автомобилям, ни гусеничным машинам не хватит мощности для условий, при которых могут работать транспортные средства на ВП.

Для горизонтального перемещения аппаратов на ВП применяют воздушные (рис. 43,а, б, в), водяные (рис. 43,г, д) и колесные движители (рис. 43,е). Воздушный движитель может быть установлен на машинах, движущихся как над сушей, так и над водной поверхностью. Это может быть авиационный винт в кольце (см. рис. 43,б) и без него (см. рис. 43,а); осевой или центробежный вентилятор, а также воздушно-реактивный движитель – сопло (см. рис. 43,в).

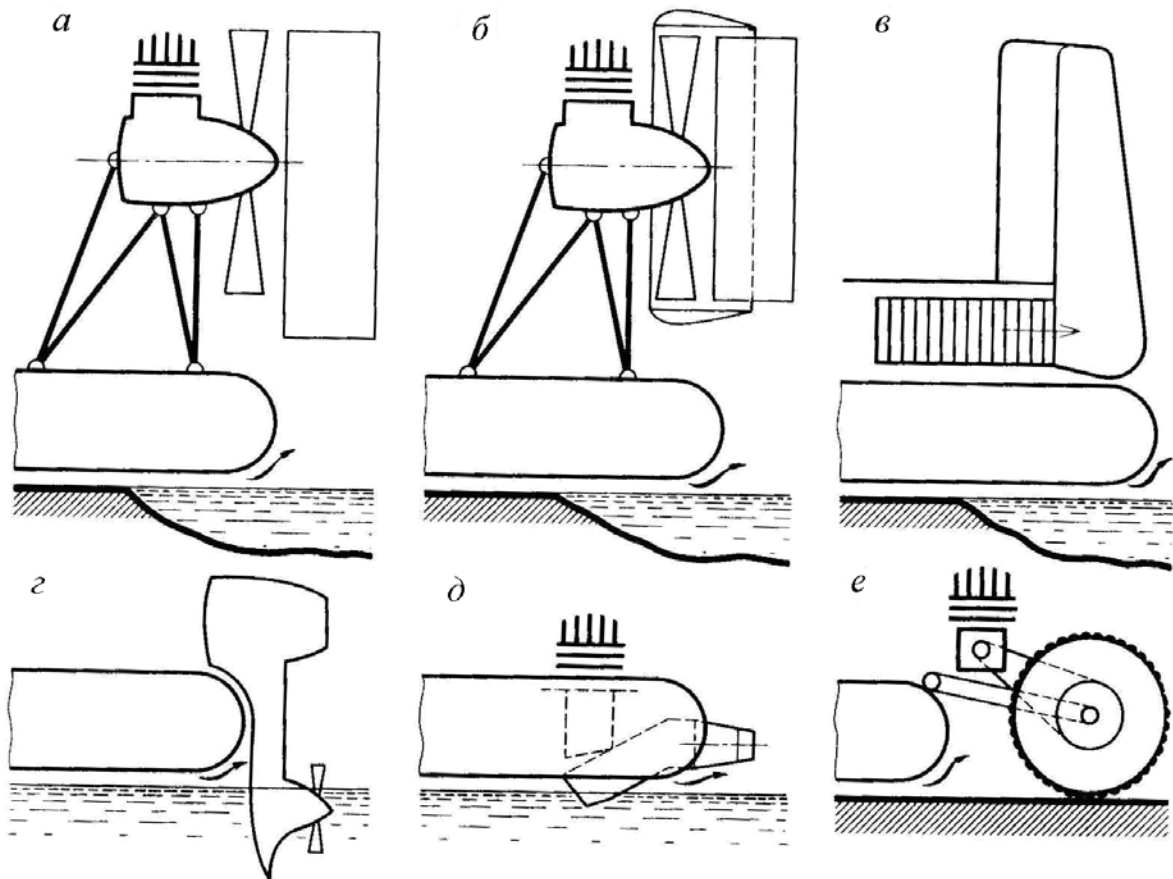


Рис. 43. Виды движителей аппаратов на ВП

Для аппаратов, двигающихся только над водной поверхностью, применяют гребной винт (см. рис. 43,г) или водометный движитель (см. рис. 43,д).

Эти движители по сравнению с воздушными создают большее тяговое усилие на 1 кВт мощности двигателя.

Если же ВП используют только для частичной разгрузки транспортного средства, и оно во время движения контактирует с опорной поверхностью, то в качестве движителя применяется колесо или гусеничное устройство. Управление такими аппаратами во время движения значительно упрощается. Они более устойчивы и могут преодолевать значительные подъемы и спуски.

Примерная классификация транспортных средств на ВП приведена на рис. 44. Однако эта классификация может быть продолжена.

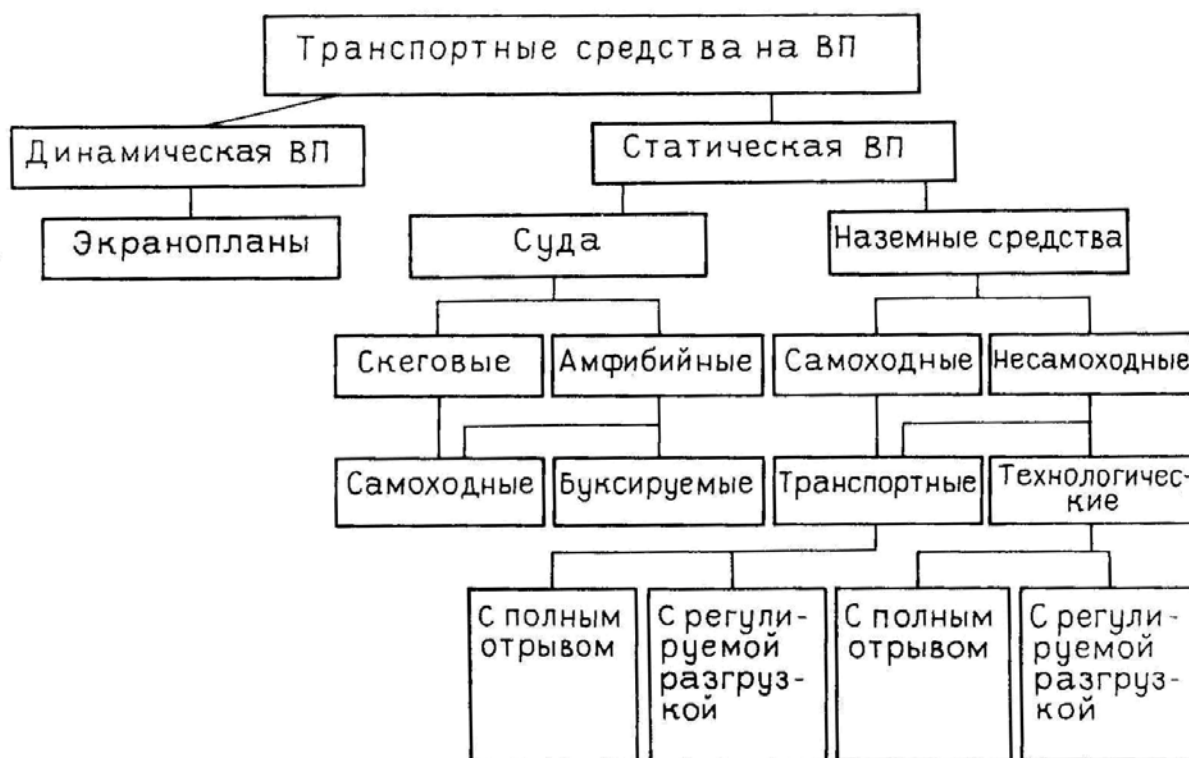


Рис. 44. Примерная классификация аппаратов на ВП

Например, по назначению транспортные аппараты могут быть пассажирскими, грузовыми, спортивными, туристическими, сельскохозяйственными, спасательными и т.д. А надводные аппараты можно разделить еще на транспортные средства, применяющиеся на внутренних водоемах, в прибрежных водах и на море.

Идея использования ВП в транспортных средствах с целью уменьшения трения, возникающего при контакте подвижного состава с опорной поверхностью, была предложена более двухсот лет назад. Шведский изобретатель Сведенборг разработал в 1716 г. конструкцию машины, которую поддерживала ВП.

При этом воздух нагнетался под аппарат двумя лопастями, приводимыми в движение мускульной энергией человека.

В 1853 г. коллежский ассессор Иванов предложил судно ВП, «которое с помощью воздушной на нем машины вгнетанием воздуха под его дно может плыть со значительной быстротой против ветра и стремя воды». Он назвал свой аппарат «Духоплав». Воздух, нагнетаемый с помощью цилиндрических мехов, которые качали два человека, попадал под дно судна. Рапорт Иванова губернскому начальнику о «Духоплаве» был «оставлен без последствий», хотя уже в то время мускульную энергию человека можно было заменить энергией паровой машины и реализовать это изобретение.

В 1897 г. изобретатель Кубертсон получил в США патент на судно, которое очень напоминает современное судно на ВП с жесткими бортовыми стенками. В начале XX в. шведский инженер Диненсон разработал детальный проект судна, в котором для удержания ВП от носа до кормы предусмотрел гибкие резиновые перемычки.

В 1916 г. австрийский инженер Мюллер фон Томамхул построил для флота царской России торпедный катер такого же типа. По отчетам катер развив скорость до 40 узлов и, вероятно, мог быть первым судном на ВП. В последующие десятилетия были разработаны интересные проекты и построены многочисленные действующие модели аппаратов на ВП. Так, американец Кент Уорнер продемонстрировал в 1930 г. спортивную лодку на ВП с боковыми стенками, а финн Т.И. Каарно в 1935 г. – одноместный экраноплан в виде крыла, развивший скорость 12 узлов.

Гениальный русский ученый и исследователь К.Э. Циолковский прославил себя выдающимися трудами по авиации, ракетоплаванию, дирижаблестроению и особенно по межпланетным сообщениям. Он внес также большой вклад в обоснование принципа воздушной подушки. В книге «Соппротивление воздуха и скорый поезд», вышедшей в 1927 г., Циолковский заложил основы теории нового принципа движения, ввел главнейшие понятия, на которых строится эта теория, вывел расчетные зависимости и научно доказал, что использование ВП позволяет значительно увеличить скорость транспортного средства, скользящего над бетонным лотком. В 1924 году были проведены под руководством профессора Чижевского успешные опыты с облегченной платформой на ВП в мастерских Сызрано-Вяземской железной дороги.

В 1934 г. идею К.Э. Циолковского о «бесколесном вездеходе на воздушной подушке» воплотил в металл тогда еще молодой доцент Новочеркасского политехнического института В.И. Левков (двухместный катер на ВП – Л-1).

Позднее, в 1937 г., был построен дюралевый катер-катамаран Л-5, который проносился над водами Балтики, развивая невиданную по тому времени скорость – 137 км/ч. Под руководством уже профессора В.И. Левкова было создано и испытано 15 катеров различной массы и размерений, от Л-9 массой 2,25 т до большой машины массой 14,7 т.

Вот что вспоминает один из первых испытателей контр-адмирал Б.В. Никитин: «Я выходил на испытание ежедневно – то на Л-11, то на Л-13.

Катера двигались над водой, болотом, преодолевали песчаные перекаты, естественные и специальные сооруженные препятствия. «Крокодилы», как прозвали катерники суда на воздушной подушке, уверенно передвигались и над льдом залива, и над равнинной местностью на суше».

Основные работы над созданием и применением современных транспортных средств на ВП за рубежом начались в 50-е годы. Широкое признание подобные суда получили после того, как английский инженер Кокерелл предложил судно с кольцевым соплом. Ему принадлежит смелая идея заменить тонкий слой воздушной смазки высокой воздушной подушкой, которая поднимает с большим зазором транспортное средство над поверхностью воды. В этом случае машина сможет передвигаться как над малыми волнами, так и по суше. Под руководством Кокерелла было построено экспериментальное судно на SRN.1 «Ховеркрафт», которое в 1959 г. совершило переход через Ла-Манш.

В нашей стране с 1970 г. серийно выпускаются скеговые суда на ВП типа «Зарница» вместимостью 48 пассажиров и скоростью до 35 км/ч. Дальнейшим развитием этого типа судов было судно «Орион» пассажировместимостью 80 чел., скорость которого составила 50 км/ч. Работы над созданием современных амфибийных судов на ВП ведутся в нашей стране с 1960 г. В 1965...1968 гг. испытывалось экспериментальное скоростное судно «Сормович» пассажировместимостью 50 чел., несколько мелких катеров и экранопланы Р.Е. Алексеева.

Проектированием серии малых амфибийных катеров на ВП для народного хозяйства занимаются в ЦКБ «Нептун» и в СКБ Марийского политехнического института.

Интенсивно над созданием наземных аппаратов на ВП с 1965 г. работают в г. Тюмени, там были созданы платформы на ВП грузоподъемностью до 100 т для перевозки тяжелых блоков и оборудования нефте- и газовых промыслов. С помощью ВП транспортирован суперблок массой 400 т.

3.6.2. Экранопланы

Машины на ВП, в которых на образование сил поддержания влияет близость экрана (опорной поверхности) на крыло, называют *экранопланами* (рис. 45). В них использован принцип образования динамической ВП. На машине устанавливают крыло, а иногда и специально спрофилированный корпус аппарата служит таким крылом. При движении такого аппарата у экрана воздух под крылом затормаживается, его давление повышается. В результате образуются воздушная подушка и дополнительная подъемная сила, действующая на крыло. Этот эффект использовали летчики еще во время Второй мировой войны при возвращении на аэродром, если горючее было на исходе или поврежден самолет. Причем этот эффект тем заметнее, чем меньше относительная высота полета крыла над экраном, т.е. высота полета, отнесенная к хорде крыла. Поэтому такие транспортные средства можно эффективно использовать только над относительно ровной поверхностью, например, над водой.

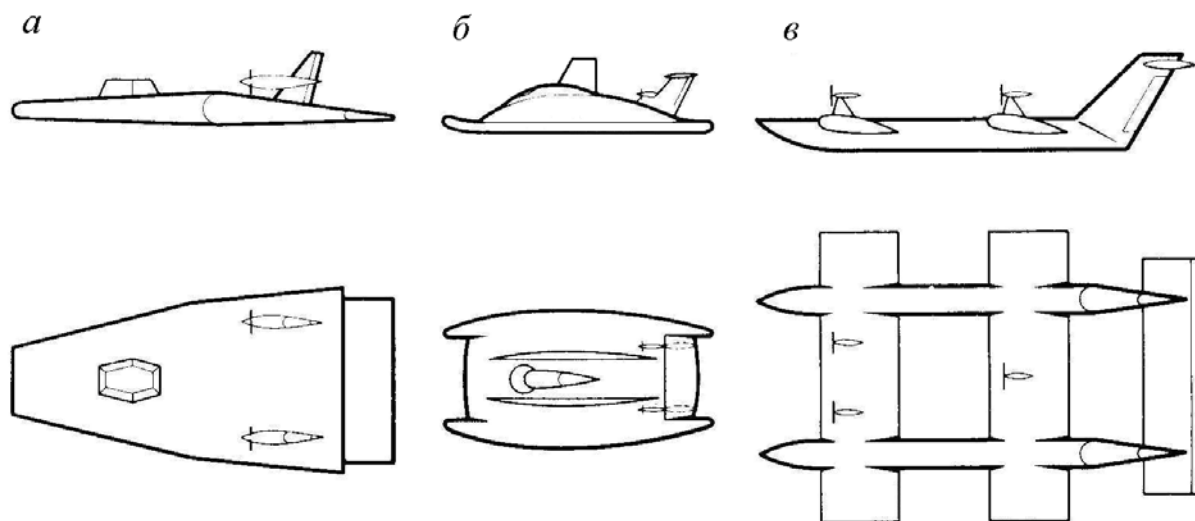


Рис. 45. Типы экранопланов:

a – крыло-таран; *б* – пассажирский экраноплан «Колумбия»;
в – пассажирский двухкорпусный экраноплан

Для создания динамической ВП аппарат должен иметь большую скорость. Очевидно, что такую скорость можно развивать на открытых пространствах, когда машина движется в основном прямолинейно, без частых поворотов. Поэтому транспортные средства с таким способом создания динамической ВП можно успешно использовать для движения над океанами, морями, большими озерами и в меньшей степени – над тундрами при скоростях от 250 до 600 км/ч при достаточно высоких значениях КПД воздушного винта $\eta_{в.в.}$.

3.6.3. Скеговые транспортные средства

Традиционное водоизмещающее судно не может развить большую скорость из-за очень высокого сопротивления воды. Аппарат на ВП парит над поверхностью, поэтому испытывает наименьшее сопротивление и может развивать скорость в 5...7 раз больше, что недостижимо для обычных судов.

Практическое использование судов на ВП началось с середины 60-х годов XX в. для перевозки пассажиров. По конструктивному исполнению суда на ВП делят на скеговые и амфибийные.

У скеговых судов борта судна продолжены ниже его днища. Эти борты, выступающие ниже днища, и называют *скегами*. Во время движения нижние кромки скегов незначительно погружены в воду или касаются ее. Носовая и кормовая части скеговых судов на ВП закрыты гибкими ограждениями. В камеру, образованную скегами и гибкими ограждениями, поступает нагнетаемый воздух, образующий воздушную подушку. Для увеличения устойчивости судов внутрикамерное пространство часто разделено на отдельные отсеки внутренними поперечными и продольными перегородками.

Вследствие конструктивного исполнения на создание ВП у скеговых аппаратов требуется меньшая мощность, чем у амфибийных судов, которые име-

ют гибкое ограждение воздушной подушки по всему периметру днища корпуса. Во время движения на воздушной подушке амфибийные суда не имеют постоянного контакта с водной поверхностью, поэтому эти ВП могут двигаться над водой по порожистым и малым, засоренным сплавами рекам, мелководью, а также над снегами и льдом, болотами и т.д. Высота преодолеваемых препятствий при этом немного меньше высоты гибкого ограждения. Прекрасные вездеходные качества этих судов делают возможным их использование на водных путях с неограниченным сроком навигации, т.е. они могут работать круглогодично.

При перемещении на ВП осадка скеговых судов минимальная. Этот фактор позволяет использовать их в ограниченных по глубине для обычных судов бассейнах. Но скеговые суда можно эксплуатировать только над водной поверхностью в период навигации.

Анализ мощностей тягово-энергетических установок показывает, что на создание ВП у современных амфибийных судов расходуется примерно 30 % мощности, у скеговых – 20 %. На преодоление сопротивления движению у первых идет 65...70 % мощности, а у скеговых – до 80 %. Сравнительные данные об энерговооруженности скеговых и амфибийных судов на ВП приведены в табл. 12.

Как видно из табл. 12, у скеговых судов более низкая энерговооруженность – удельная мощность (мощность, отнесенная к массе судна), чем у амфибийных. Однако скорость у построенных амфибийных судов выше, чем у скеговых. При скоростях 110...130 км/ч сопротивление скегов сильно возрастает, и удельная мощность таких машин уже будет выше, чем амфибийных.

Таблица 12

Удельные мощности амфибийных и снеговых судов на ВП

Наименование	Масса, т	Мощность, кВт	Скорость, км/ч	Удельная мощность, (кВт/т)
Амфибийные				
«Сормович» (СССР)	21,75	1325	80	60,9
SRN./6 (Англия)	16	736	106	46,0
«Вэлиэнт» (США)	37	2650	113	50,6
«Вояжер» (Канада)	38,9	1914	87	49,2
SRN.4Mk.3 (Англия)	265	11280	130	42,2
N.500 (Франция)	174	9200	163	52,8
JEFF (США)	154	12365	93	80,2
Скеговые				
«Горьковчанин» (СССР)	14	162	34	11,5
«Чайка» (СССР)	47,5	876	42,5	18,4
HM-2 (Англия)	16,8	607	65	31,6
HM-5 (Англия)	73	2429	74	33,1
ALB-1 (Англия)	180	3128	52	17,4
HM-6 (Англия)	167	3754	90	22,4
N.2000 (Франция)	2000	23000	93	11,5

3.7. ПРИМЕРЫ СОВРЕМЕННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ МАЛОЙ И СРЕДНЕЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ И ИХ ДВС

3.7.1. Автомобили ОАО ГАЗ 2000...2008 гг.

ГАЗ 3302



Колесная формула	4×2
Грузоподъемность, кг	1500
Полная масса, кг	3500
Тип двигателя	Р-4, бензиновый, карбюраторный
Мощность двигателя, л.с.	100
Крутящий момент, кгс·м	18,5
Максимальная скорость, км/ч	115
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	11
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3060
ширина	1950
высота по бортам	400

ГАЗ-33027



Колесная формула	4×4
Грузоподъемность, кг	1250
Полная масса, кг	3500
Тип двигателя	Р-4, бензиновый, карбюраторный
Мощность двигателя, л.с.	100
Крутящий момент, кгс·м	18,5
Максимальная скорость, км/ч	110
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	12,5
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3060
ширина	1950
высота по бортам	400

ГАЗ-2705



Колесная формула	4×2
Грузоподъемность, кг	1400
Полная масса, кг	3500
Тип двигателя	Р-4, бензиновый, карбюраторный
Мощность двигателя, л.с.	100
Крутящий момент, кгс·м	18,5
Максимальная скорость, км/ч	115
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	11
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3130
ширина	1830
высота по бортам	1530

ГАЗ-3307



Колесная формула	4×2
Грузоподъемность, кг	4500
Полная масса, кг	7850
Тип двигателя	V-8, бензиновый, карбюраторный
Мощность двигателя, л.с.	125
Крутящий момент, кгс·м	30
Максимальная скорость, км/ч	90
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	19,6
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3490
ширина	2170
высота по бортам	510

ГАЗ-3309



Колесная формула	4×2
Грузоподъемность, кг	4500
Полная масса, кг	8100
Тип двигателя	Р-4, дизельный, с турбонаддувом воздушного охлаждения
Мощность двигателя, л.с.	116
Крутящий момент, кгс·м	39
Максимальная скорость, км/ч	90
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	14,5
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3490
ширина	2170
высота по бортам	510

ГАЗ-66-40



Колесная формула	4×4
Грузоподъемность, кг	2000
Полная масса, кг	6350
Тип двигателя	Р-4, дизельный, с турбонаддувом воздушного охлаждения
Мощность двигателя, л.с.	116
Крутящий момент, кгс·м	39
Максимальная скорость, км/ч	85
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	17
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3390
ширина	2145
высота по бортам	380

ГАЗ-4301



Колесная формула	4×2
Грузоподъемность, кг	5000
Полная масса, кг	9050
Тип двигателя	Р-6, дизельный, воздушного охлаждения
Мощность двигателя, л.с.	125
Крутящий момент, кгс·м	37
Максимальная скорость, км/ч	85
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	15
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3490
ширина	2170
высота по бортам	510

ГАЗ-66-11



Колесная формула	4×4
Грузоподъемность, кг	2000
Полная масса, кг	5870
Тип двигателя	V-8, бензиновый, карбюраторный
Мощность двигателя, л.с.	125
Крутящий момент, кгс·м	30
Максимальная скорость, км/ч	90
Контр. расход топлива при скорости 60 км/ч, л/100 км	21
Внутренние размеры платформы, мм:	
длина	3390
ширина	2145
высота по бортам	380

Грузовые автомобили «ОАО ГАЗ» 2008...2010 гг.



Рис. 46. Автомобиль ГАЗ-3310 «Валдай»

Поскольку автомобиль ГАЗ-3310 «Валдай» ориентирован прежде всего на городские перевозки, для уменьшения погрузочной высоты традиционные 20-дюймовые колеса заменены на широко распространенный у европейских развозных грузовиков размер 17,5.

Базовым двигателем для автомобиля ГАЗ-3310 является ММЗ Д-245.7 с турбонаддувом и интеркулером мощностью 122 л.с., соответствующим нормам Евро-II. Дизель снабжен электромагнитной муфтой вентилятора, также в головке блока установлены четыре свечи накаливания. Это обеспечивает уверенный запуск двигателя в достаточно сильный мороз. Также возможна установка на ГАЗ-3310 лицензионного дизеля ГАЗ-562 и целого ряда дизельных двигателей марок IVECO, CUMMINS (табл. 13, 14).

Таблица 13

Двигатели, установка которых возможна на автомобиль ГАЗ-3310

Технические характеристики	Модель					
	ММЗ Д-245.7	IVECO-FIAT	IVECO-SOFIM 8140.43	ГАЗ-562 (STEYR)	CUMMINS B140	IVECO ТЕСТОР (TCA)
Тип	Дизельный, с турбонаддувом и промежуточным охлаждением					
Число цилиндров	4	4	4	6	4	4
Расположение цилиндров	Вертикально					
Рабочий объем, л	4,75	3,908	2,8	3,2	3,92	3,908
Номинальная мощность, л.с. (об/мин.)	122 (2400)	136 (2700)	122 (3600)	150 (3200)	140 (2700)	129 (2700)
Максимальный момент, кгс·м (об/мин)	43,12 (1300-1600)	42 (1400)	29 (1800)	42,8 (1800-2000)	43,8 (1500)	43,8 (1200-2100)

**Параметры грузовых автомобилей «ВАЛДАЙ»
с одно- и двухрядной кабиной**



















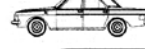


Технические характеристики	Модель			
	ГАЗ-33104	ГАЗ-331043	ГАЗ-33106	ГАЗ-331063
Колесная формула	4×2			
Количество мест в кабине	3	6	3	6
Снаряженная масса, кг	3575	3800	3495	3720
Полная масса автомобиля, кг	7300	7500	7220	7500
Грузоподъемность, кг	3500	3250	3500	3330
Колесная база, мм	3310	4000	3310	4000
Внутренние размеры платформы: длина/ширина/высота, мм	3500×2180×515			
Полезный объем платформы, м	3,9			
Габаритные размеры автомобиля с платформой: длина/ширина/высота, мм	6090×2643×2245	6780×2643×2350	6090×2643×2245	6780×2643×2350
Модель двигателя	ММЗ Д-245.7		Cummins 3.9 140 CIV	
Тип двигателя	Рядный, 4-цилиндровый, 4-тактный дизельный двигатель с жидкостным охлаждением, с турбонаддувом и охладителем наддувочного воздуха, с непосредственным впрыском топлива			
Рабочий объем, л	4,25		3,9	
Мощность, кВт (л.с.)/об. в мин.	90(122)/2400		104(141)/3000	
Крутящий момент, Н·м (кгс·м)/об. в мин.	413(42)/1500		446(45,5)/1500	
Максимальная скорость, км/ч	95		105	
Контрольный расход топлива, л/100км: при 60 км/ч при 80 км/ч	14 19		13,5 18	
Шины	215/75 R17.5			

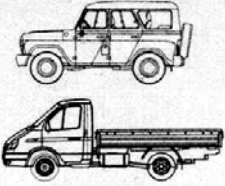
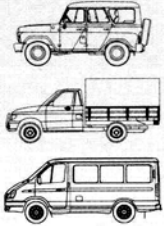
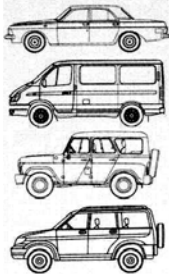
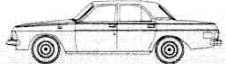
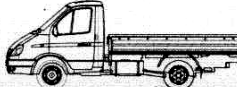
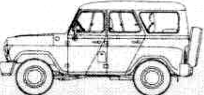
3.7.2. Автомобильные двигатели ОАО ЗМЗ и ОАО ЯМЗ

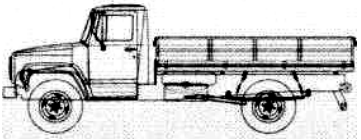
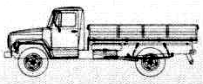

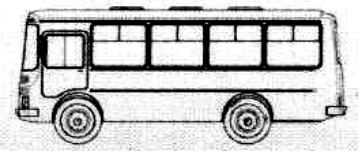
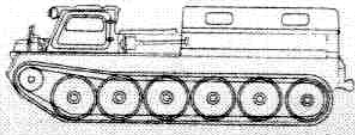
Автомобильные двигатели ОАО ЗМЗ, устанавливаемые на легковые, грузовые автомобили и микроавтобусы, являются унифицированными и многоцелевыми, т.е. допускают установку на различные типы транспортных средств.

Двигатели ЯМЗ предназначены для установки на различные транспортные средства: автомобили и автобусы.

Автомобильные двигатели внутреннего сгорания ЗМЗ

Автомобильные двигатели на базе ЗМЗ-406.10									
Технические характеристики	ЗМЗ 4063.10	ЗМЗ 4062.10	ЗМЗ 40522.10	ЗМЗ 409.10	ЗМЗ 4064.10	ЗМЗ 4054.10	ЗМЗ 214	ЗМЗ 215	ЗМЗ 216
Применяемость			  		  	  	  	  	  
Количество цилиндров	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Рабочий объем, л	2,285	2,285	2,464	2,693	2,3	2,5	2,287	2,5	2,693
Степень сжатия	9,3	9,3	9,3	9,0	8,0	7,4	9,5-10,0	9,5-10,0	9,5
Номинальная мощность брутто при частоте вращения коленчатого вала мин ⁻¹ , кВт (л.с.)	80,9 (110) 4500	106,6 (145) 5200	111,8 (152) 5200	105 (142,8) 4400	132,4 (180) 4800	143,4 (195) 4500	111,8 (152) 5200-6000	114,0 (155) 5200-6000	111,8 (152) 4400-4600
Максимальный крутящий момент брутто при частоте вращения коленчатого вала мин ⁻¹ , Нм (кгс·м)	186,4 (19) 3500	200,9 (20,5) 4000-4400	210,9 (21,5) 4000-4400	230 (23,5) 3700-4100	294,3 (30) 3500	343,2 (35) 2000-4000	210 (21,4) 3500-4500	230 (23,4) 3500-4500	240 (24,5) 3500
Минимальный удельный расход топлива, г/кВт (г/лсч)	278,8 (205)	265 (195)	269,3 (198)	265 (195)	265 (195)	286 (210)	252 (185)	252 (185)	252 (185)
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	92×86	92×86	95,5×86	95,5×94	92×86	92×94	92×86	92×94	95,5×94
Масса, кг	185	187	190,5	190	190	190	182	182	185
Тип двигателя	Бензиновый карбюраторный	Бензиновый с впрыском	Бензиновый с впрыском	Бензиновый с впрыском	Бензиновый интеркуллер	Бензиновый интеркуллер	Бензиновый с впрыском	Бензиновый с впрыском	Бензиновый с впрыском
Экология	Евро II	Евро II	Евро II	Евро II	Евро II	Евро II	Евро III	Евро III	Евро III

Технические характеристики	Дизельные автомобильные двигатели			Автомобильные двигатели на базе ЗМЗ-402.10		
	ЗМЗ 5143	ЗМЗ 5145	ЗМЗ 5148	ЗМЗ 402.10/4026.10	ЗМЗ 4021.10/4025.10	ЗМЗ 4104
Применяемость						
Количество цилиндров	4	4	4	4	4	4
Рабочий объем, л	2,235	2,235	2,235	2,445	2,445	2,89
Степень сжатия	19,5	19,5	19	8,2	6,7	6,8
Номинальная мощность брутто при частоте вращения коленчатого вала мин ⁻¹ , кВт (л.с.)	72 (98) 4000	81 (110) 3800	96 (130) 3900	73,5 (100) 4500	66,2 (90) 4500	70,6 (96,0) 4250
Максимальный крутящий момент брутто при частоте вращения коленчатого вала мин ⁻¹ , Нм (кгсм)	216 (22) 2100	245 (25) 1800	270 1800-2500	182,4 (18,6) 2400-2600	173 (17,6) 2400-2600	201,0 (20,5) 2500
Минимальный удельный расход топлива, г/кВт (г/лсч)	231 (170)	225 (165)	210 (154)	292,4 (215)	292 (215)	306 (225,0)
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	87×94	87×94	87×94	92×92	92×92	92×100
Масса, кг	225	223	215	181	181	186
Тип двигателя	Дизель	Дизель интеркуллер	Дизель интеркуллер	Бензиновый карбюраторный	Бензиновый карбюраторный	Бензиновый карбюраторный
Экология	Евро II	Евро II	Евро III	ГОСТ Р41.83	ГОСТ Р41.83	ГОСТ Р41.83

8 цилиндровые автомобильные двигатели				
Технические характеристики	ЗМЗ 511.10/513.10	ЗМЗ 5233.10/5234.10	ЗМЗ 5236.10	ЗМЗ 73
Применяемость		 ЗМЗ 5233.10  ЗМЗ 5234.10		
Количество цилиндров	8	8	8	8
Рабочий объем, л	4,25	4,67	4,67	4,25
Степень сжатия	7,6	7,6	7,6	7,0
Номинальная мощность брутто при частоте вращения коленчатого вала мин ⁻¹ , кВт (л.с.)	92 (125) 3200-3400	96 (130) 3200-3400	74,9 (102) 3000	90,5 (123) 3400-3600
Максимальный крутящий момент брутто при частоте вращения коленчатого вала мин ⁻¹ , Нм (кгсм)	294 (30) 2000-2500	314 (32) 2000-2500	265 (27) 1800	284,4 (29) 2000-2500
Минимальный удельный расход топлива, г/кВт (г/лсч)	286 (210)	205 (225)	—	305 (225)
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	92×80	92×88	92×88	92×80
Масса, кг	262/275	265/257	257	287
Тип двигателя	Бензиновый карбюраторный	Бензиновый карбюраторный	Газовый-бензиновый карбюраторный	Бензиновый карбюраторный
Экология	ГОСТ Р41.83	ГОСТ Р41.83	ГОСТ Р41.83	ГОСТ Р41.83

Технические характеристики двигателей семейства ЯМЗ-530 Евро-4

Параметры	Модели и модификации			
	ЯМЗ-5340	ЯМЗ-5341	ЯМЗ-5342	ЯМЗ-5343/5344
Тип двигателя	Дизель, 4-цилиндровый, рядный, 4-тактный, с жидкостной системой охлаждения, турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха в теплообменнике типа «воздух-воздух», установленном на автомобиле			
Число и расположение цилиндров	Р4 (рядное, вертикальное)			
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	105x128			
Рабочий объем двигателя, л	4,43			
Номинальная мощность при частоте вращения 500 мин ⁻¹ , кВт (л. с.)	140(190)	125(170)	110(150)	100(136)
Максимальный крутящий момент, Н.м (кгс.м)	710(72,5)	670 (68)	590 (60)	422 (43)
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	1300-1600	1300-1600	1300-1600	1200-2100
Удельный расход топлива, г/кВт.ч (г/л.с.ч) – минимальный – при номинальной мощности	194,5(143) 213,5(157)	194,5(143) 213,5(157)	193(142) 209(154)	197(145) 212(156)
Система топливоподачи	Аккумуляторного типа, с высокой энергией впрыска и электронным управлением			
Соответствие экологическим нормативам	Правила ЕЭК ООН №24-03, № 49КИ-04 - Евро-4			
Средний уровень звука двигателя, дБ(А), не более	92			
Масса незаправленного двигателя, кг	480			
Ресурс до капитального ремонта, км	1 000 000 (800 000)	1 000 000 (800 000)	1 000 000 (800 000)	600000
Габаритные размеры (длина / ширина / высота), мм	820 / 720 / 900			
Коробка передач и сцепление	SAE-2	SAE-2 / SAE-3	SAE-3	SAE-3
Напряжение бортовой сети а/м, В	24	24	24	12/24
Назначение	А/м МАЗ полной массой до 12 т	А/м МАЗ полной массой до 12 т	Автобусы ПАЗ-3203, -3204, -3205; ПАЗ-4234, -3237 массой не более 10,5т	Автобусы ПАЗ-32053-07 массой не более 8 т

Параметры	Модели и модификации				
	ЯМЗ-536	ЯМЗ-5361	ЯМЗ-5362	ЯМЗ-5363	ЯМЗ-5364
Тип двигателя	Дизель, 6-цилиндровый, рядный, 4-тактный, с жидкостной системой охлаждения, турбо-наддувом и охлаждением наддувочного воздуха в теплообменнике типа «воздух-воздух», установленном на автомобиле транспортном средстве)				
Число и расположение цилиндров	Р6 (рядное, вертикальное)				
Диаметр цилиндра и ход поршня, мм	105x128				
Рабочий объем двигателя, л	6,65				
Номинальная мощность при частоте вращения 500 мин ⁻¹ , кВт (л.с.)	229(312)	198,5(270)	176,5(240)	176,5(240)	210 (285)
Максимальный крутящий момент, Н.м (кгс.м)	1226(7125)	1166 (119)	900 (92)	1049 (107)	1130 (115)
Частота вращения при максимальном крутящем моменте, мин ⁻¹	1300-1600	1300-1600	1300-1600	1300-1600	1300-1600
Удельный расход топлива, г/кВт.ч (г/л.с.ч) – минимальный – при номинальной мощности	194,5(143) 213,5(157)	194,5(143) 213,5(157)	193(142) 212(156)	194,5(143) 213,5 (157)	193 (142) 212 (156)
Система топливоподачи	Аккумуляторного типа, с высокой энергией впрыска и электронным управлением				
Соответствие экологическим нормативам	Правила ЕЭК ООН №24-03, № 49RП-04 - Евро-4				
Средний уровень звука двигателя, дБ(А), не более	92				
Масса незаправленного двигателя, кг	640				
Ресурс до капитального ремонта, км	1 000 000 (800 000)	1 000 000 (800 000)	900 000	1 000 000 (800 000)	900 000
Габаритные размеры (длина / ширина / высота), мм	1080 / 720 / 930				
Коробка передач и сцепление	SAE-1 / SAE-2				
Напряжение бортовой сети а/м, В	24 (12 опция)				
Назначение	А/м МАЗ КрАЗ, МЗКТ	А/м МАЗ, «Урал»	Автобусы ЛиАЗ-5256, ЛиАЗ-5292, ЛиАЗ-5293, а/м «Урал»	А/м МАЗ	Автобусы ЛиАЗ-6212, ЛиАЗ-6213, а/м «Урал»

Конструктивные особенности

Блок цилиндров, головка цилиндров, коленчатый вал, шатун, подшипники рассчитаны на давление сгорания 210 бар.

Системы охлаждения и смазки спроектированы из условия обеспечения удельной мощности 40 кВт/л и имеют потенциал для дальнейшей форсировки.

Шестеренный привод агрегатов расположен со стороны маховика и обеспечивает низкий уровень крутильных колебаний и шума.

Система вентиляции картерных газов интегрирована в крышке головки цилиндров. Не требует обслуживания.

Топливная система Common Rail

На двигателях применяется топливная система аккумуляторного типа (Electronic Common Rail System) производства фирмы R. BOSCH GmbH. Система обеспечивает давление впрыска 1800 бар и имеет потенциал до 2000 бар для Евро-5. ЯМЗ и Bosch ведут совместные работы по адаптации ТА к российским условиям эксплуатации.

Условия эксплуатации

Температура: от минус 50 до плюс 50 °С.

Высотность: 1500 м без снижения мощности (перевалы до 4650 м).

Бродоходимость: с полным затоплением двигателя.

Многотопливность: работа на смесях дизтоплива и керосина.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

1. Исторические проблемы развития транспорта.
2. Развитие транспортных средств сообщения: речных и морских в древней Греции, Риме, Средиземноморье.
3. Роль парусных судов в осуществлении перевозок и географических открытий в средние века.
4. Работы в области механического сухопутного безрельсового транспорта до 1900 г.
5. Перспективы создания городских монорельсовых транспортных систем.
6. Экологические проблемы развития городских транспортных систем.
7. Последовательность возникновения различных видов транспорта и транспортных потоков в истории человечества.
8. Рост грузооборота всех видов отечественного транспорта в первой половине XX в.
9. Удельный вес грузооборота различных видов отечественного транспорта в первой половине XX в. для перевозочных процессов.
10. Рост грузооборота и перевозок грузов отечественного морского транспорта в первой половине XX в.
11. Рост грузооборота и перевозок грузов отечественного речного транспорта в первой половине XX в.
12. Оптимальные расстояния автомобильных перевозок в XX в. в нашей стране; типы автомобилей.
13. Развитие отечественного трубопроводного транспорта в первой половине XX в.
14. Развитие науки о создании конструкций транспортных средств; расчеты элементов прочности транспортных средств (до конца XIX в.): Закон Р. Гука, формула Л. Эйлера.
15. Основные научные исследования, послужившие основами создания систем топливоподачи для ДВС и функционирования их систем смазки и охлаждения: закон Б. Паскаля, уравнение Д. Бернулли, формула Стокса.
16. Открытия, послужившие основой создания и функционирования тепловых двигателей: уравнение Клайперона-Менделеева, уравнения газового состояния, газовая постоянная, закон Авогадро.
17. Развитие конструкций автомобилей и их систем на основе развития электротехники и техники полупроводников: законов индукции, фотоэффекта и др.
18. Характеристики работы ДВС в составе силовых агрегатов автомобилей.
19. Снятие индикаторных диаграмм действительных циклов.
20. Термический КПД ДВС.
21. Тепловой баланс ДВС, исследование тепловых потоков в ДВС.
22. Нагружение деталей кривошипно-шатунного механизма ДВС.
23. Уравновешивание ДВС.
24. Особенности работы сцепления автомобиля.

25. Особенности работы деталей коробки перемены передач автомобиля.
26. Особенности работы карданной передачи автомобиля.
27. Особенности работы главной передачи автомобиля.
28. Особенности работы дифференциала автомобиля.
29. Выбор теоретических циклов для аналогов рабочих процессов ДВС с принудительным воспламенением смеси – исторический обзор.
30. Выбор теоретических циклов для дизельных ДВС транспортных машин – исторический обзор.
31. Турбовинтовые газотурбинные двигатели внедорожных транспортных средств: аэросаней, самолетов, судов на воздушной подушке, экранопланов.
32. Винтомоторные характеристики транспортных двигателей внутреннего сгорания и газотурбинных транспортных двигателей.
33. Использование энергии движения воздуха для перемещения внедорожного транспортного средства.
34. Маховичные комбинированные и гибридные силовые агрегаты колесных автотранспортных средств.
35. Гусеничные движители наземных транспортных средств.
36. Водометные движители плавающих наземных транспортных средств.
37. Трансформируемые летающие автомобили.
38. Транспортные средства на воздушной подушке: конструкция и принцип работы.
39. Транспортные средства на воздушной подушке: история.
40. Амфибийные транспортные средства на воздушной подушке (суша–вода–снег).
41. Транспортные средства на вакуумных воздушных подушках и с воздушной смазкой «экипаж–дорога».
42. Устройство экранопланов: эффект экранопланирования, работы Р.Е. Алексеева.
43. Виды движителей транспортных средств на воздушной подушке: преимущества и недостатки.
44. Технические характеристики легких дорожных грузовиков ОАО ГАЗ.
45. Технические характеристики дорожных грузовых автомобилей ОАО ГАЗ средней грузоподъемности.
46. Технические характеристики внедорожных грузовых автомобилей ОАО ГАЗ средней грузоподъемности.
47. Технические характеристики низкопольных среднетоннажных грузовых автомобилей ОАО ГАЗ.
48. Технические характеристики рядных четырехцилиндровых двигателей ОАО ЗМЗ.
49. Технические характеристики V-образных восьмицилиндровых двигателей ОАО ЗМЗ.
50. Технические характеристики новых дизельных двигателей ОАО ЯМЗ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Аксёнов, И.Я.** Единая транспортная система / И.Я. Аксёнов. – М.: Транспорт, 1980. – 214 с.
2. **Афанасьев, Л.Л.** Автомобильные перевозки / Л.Л. Афанасьев, С.М. Цукерберг. – М.: Транспорт, 1973. – 320 с.
3. **Вахламов, В.К.** Техника автомобильного транспорта / В.К. Вахламов. – М.: Транспорт, 2005. – 523 с.
4. **Михайловский, Е.В.** Устройство автомобиля / Е.В. Михайловский, Б.Г. Серебряков, Е.Я. Тур. – М.: Транспорт, 1983. – 283 с.
5. **Михайловский, Е.В.** Теория, конструкция и расчет автомобиля / Е.В. Михайловский. – М.: Транспорт, 1958. – 328 с.
6. **Масленников, М.М.** Общий курс авиационных двигателей легкого топлива / М.М. Масленников, К.А. Рудзкой. – М.-Л.: Главная редакция авиационной литературы, 1938. – 576 с.
7. История автомобильного транспорта России: 1917–1941. – М.: НИИАТ, 1997. – 341 с.
8. История автомобильного транспорта России: 1945–1965. – М.: НИИАТ, 2000. – 427 с.
9. **Кузьмин, Н.А.** Автомобильный справочник / Н.А. Кузьмин, В.И. Песков; НГТУ. Н.Новгород, 2008. – 324 с.
10. Нижегородская научная школа вездеходных машин, транспортно-технологических комплексов и специального оборудования: монография / под ред. В.В. Беякова и А.П. Куляшова; НГТУ. Н.Новгород, 2007. – 169 с.
11. Двигатели ЗМЗ / А.М. Минеев, П.А. Голубев, Б.Ф. Нормухамедов, П.Э. Сыркин; НГТУ. Н.Новгород, 1997. – 254 с.
12. **Кершенбаум, В.Я.** Горизонты транспортной техники / В.Я. Куершенбаум, В.Э. Фальк. – М.: Транспорт, 1986. – 288 с.
13. **Грошев, А.М.** История автомобильных специальностей и Автомобильного факультета НГТУ: юбилейное издание / А.М. Грошев [и др.]; под ред. В.Н. Кравца и В.И. Пескова; НГТУ. Н.Новгород, 2008. – 138 с.
14. **Кошкин, Н.А.** Справочник физических величин / Н.А. Кошкин. – М.: Мир, 1978. – 323 с.
15. **Зеленцов, В.В.** Введение в специальность «Автомобили и автомобильное хозяйство»: комплекс учебно-методических материалов / В.В. Зеленцов; НГТУ. Н.Новгород, 2008. – 86 с.
16. **Гулиа, Н.В.** Инерционные двигатели для автомобилей / Н.В. Гулиа. – М.: Транспорт, 1974. – 64 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1

РАЗВИТИЕ КОНСТРУКЦИЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ (1922...1954 гг.)

Автомобиль М-20 «ПОБЕДА» (4×2)

Легковой автомобиль среднего литража; выпускался Горьковским автомобильным заводом с 1955 по 1958 гг.

Кузов – закрытый, четырехдверный, несущий. Переднее сиденье можно перемещать в продольном направлении.



Рис. П.1.1. Автомобиль М-20В «Победа»

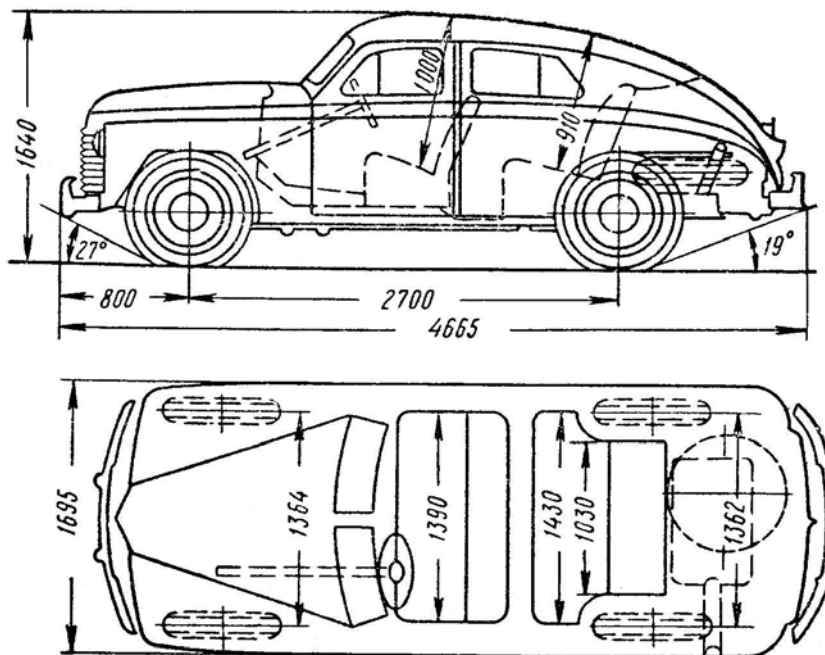


Рис. П.1.2. Схема автомобиля М-20В «Победа» 3В

С 1946 до 1955 гг. завод выпускал автомобиль М-20 «Победа», который в основном отличался внутренним и внешним оформлением кузова. До 1953 г. кузов этого автомобиля имел две модификации: закрытый и с откидным верхом.

Технические характеристики автомобиля М-20В «Победа»

Число мест	5
Собственный вес в снаряженном состоянии, кг	1460
в том числе:	
на переднюю ось	740
на заднюю ось	720
Полный вес, кг	1835
в том числе:	
на переднюю ось	880
на заднюю ось	955
Дорожные просветы, мм	
под передней осью	210
под задней осью	200
Радиус поворота, м:	
по колею внешнего переднего колеса	6,3
наружный габаритный	6,8
Максимальная скорость, км/ч	105
Контрольный расход топлива при скорости 50...60 км/ч, л/100 км	11,0
Модель и тип двигателя, число цилиндров	ГАЗ-20, карбюраторный, четырех- тактный, четырехцилиндровый, нижнеклапанный
Диаметр цилиндра, мм	82,0
Ход поршня, мм	100,0
Литраж, л	2,12
Степень сжатия	6,2
Порядок работы цилиндров	1-2-4-3
Максимальная мощность, л.с.	52,0
Число оборотов коленчатого вала при максимальной мощности, об/мин	3600
Максимальный крутящий момент, кГс	12,5
Число оборотов коленчатого вала при максимальном крутящем моменте, об/мин	2200

Автомобиль ГАЗ-52-04

На автомобиле установлен однорядный шестицилиндровый двигатель с нижним расположением клапанов. Поперечный разрез двигателя показан на рис. П. 1.3.

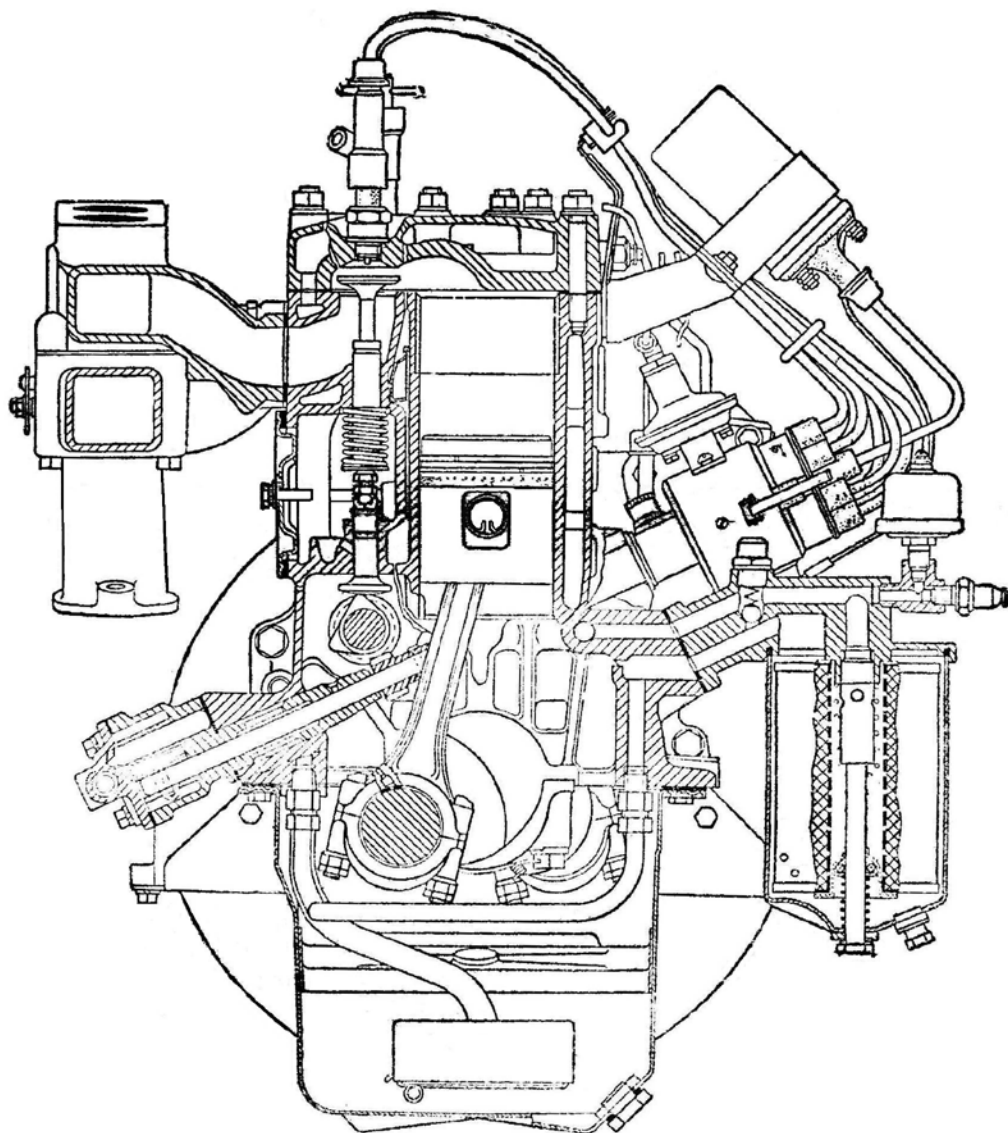


Рис. П.1.3. Поперечный разрез двигателя

*Техническая характеристика автомобиля ГАЗ-52-04**

Общие данные

Тип автомобиля – двухосный грузовой автомобиль с приводом на заднюю ось	
Наибольшая масса перевозимого груза, кг	2500
Масса снаряженного автомобиля, кг	2520

* Модификация автомобиля ГАЗ-51, выпускаемого с 1946 г. ОАО ГАЗ (экспорт в страны Латинской Америки, азиатские страны, страны Африки, Китай до 1987 г.).

Полная масса автомобиля, кг	5170
Наибольшая масса буксируемого прицепа, кг	2500
Наибольшая скорость с полной нагрузкой на горизонтальном участке прямого шоссе (без прицепа), км/ч, не менее	75
Контрольный расход бензина при замере в летнее время для обкатанного автомобиля, с радиальными шинами, движущегося с полной нагрузкой на четвертой передаче с постоянной скоростью 60 км/ч по сухой ровной дороге с усовершенствованным покрытием и короткими подъемами, не превышающими 0,5°, л/100 км	18,7
Путь торможения автомобиля с полной нагрузкой, без прицепа, движущегося со скоростью 50 км/ч на горизонтальном участке сухой дороги с усовершенствованным покрытием, при приложении усилия к тормозной педали в 70 кгс, м	25
Габаритные размеры автомобиля, мм:	
длина	5708
ширина	2280
высота (по кабине без нагрузки)	2150
База, мм	3300
Колея колес, мм:	
передних	1650
задних (между серединами двойных скатов)	1690
Угол свеса, град.:	
передний	41
задний (по буксирному крюку)	31,5
Радиус поворота, м:	
по колею наружного переднего колеса	7,5
по переднему буферу	8,0
Наибольший угол преодолеваемого автомобилем подъема с полной нагрузкой, град.	19
Погрузочная высота платформы, мм	1210
Дорожный просвет автомобиля (под картером заднего моста), мм	245

Двигатель (годы выпуска базовой модели с 1939 по 1989)

Тип	4-тактный, карбюраторный, бензиновый
Число расположения цилиндров	6, вертикально в один ряд
Диаметр цилиндров и ход поршня, мм	82×110
Рабочий объем, л	3,48
Степень сжатия	7,2
Мощность номинальная при 2800 об/мин, кВт (л.с.), не менее	55 (75)

Крутящий момент максимальный при 1400...1600 об/мин, кгс·м, не менее	21 (21)
Порядок работы цилиндров	1–5–3–6–2–4
Направление вращения коленчатого вала	Правое
Система смазки	Комбинированная: под давлением и разбрызгиванием
Масляный фильтр	Тонкой очистки, полнопоточный
Система охлаждения	Жидкостная, закрытая, с принудительной циркуляцией, имеется термостат
Карбюратор	К-126И
<i>Трансмиссия</i>	
Сцепления	Сухое, однодисковое, ведомый диск снабжен демпферными пружинами
Коробка передач	Трехходовая, 4-ступенчатая
Передаточные числа	1-я передача 6,4 2-я передача 3,09 3-я передача 1,69 4-я передача 1,0 Задний ход 7,82
Карданная передача	Открытого типа. Имеет два вала и три кардана с игольчатыми подшипниками. Снабжен промежуточной опорой
Главная передача	Коническая, гипоидного типа. Переда- точное число 6,17
Дифференциал	Конический, шестеренчатый
Полуоси	Полностью разгруженные

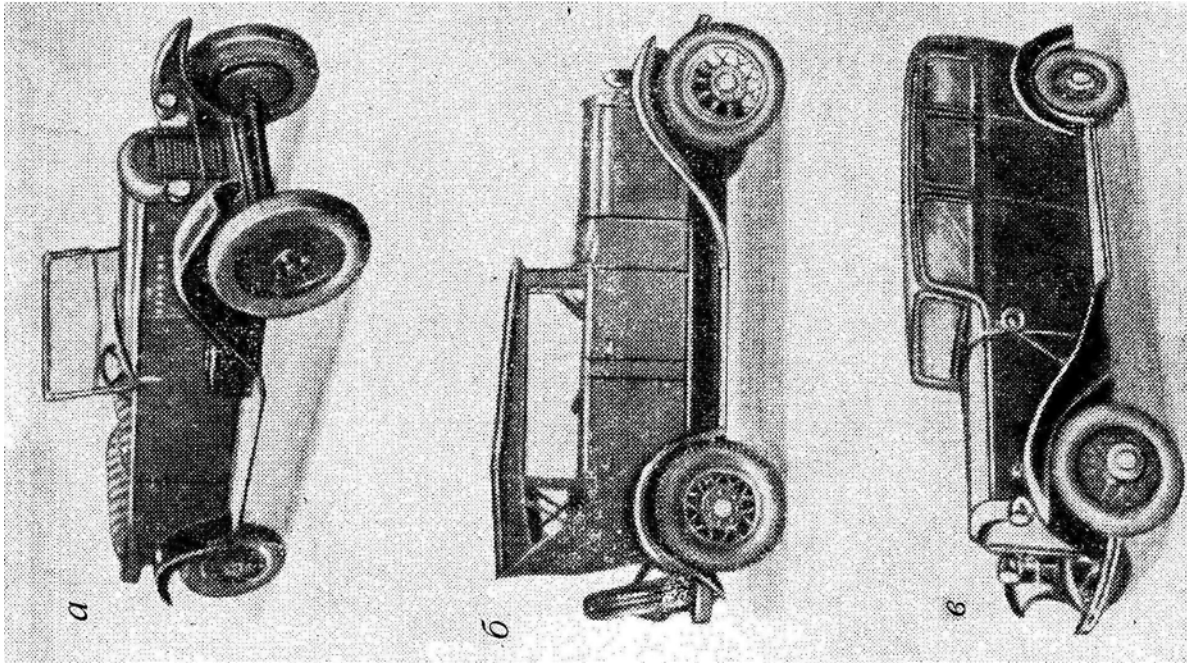


Рис. П.1.4. Легковые автомобили:
 а – НАМИ-1; б – ГАЗ-А; в – Л-1

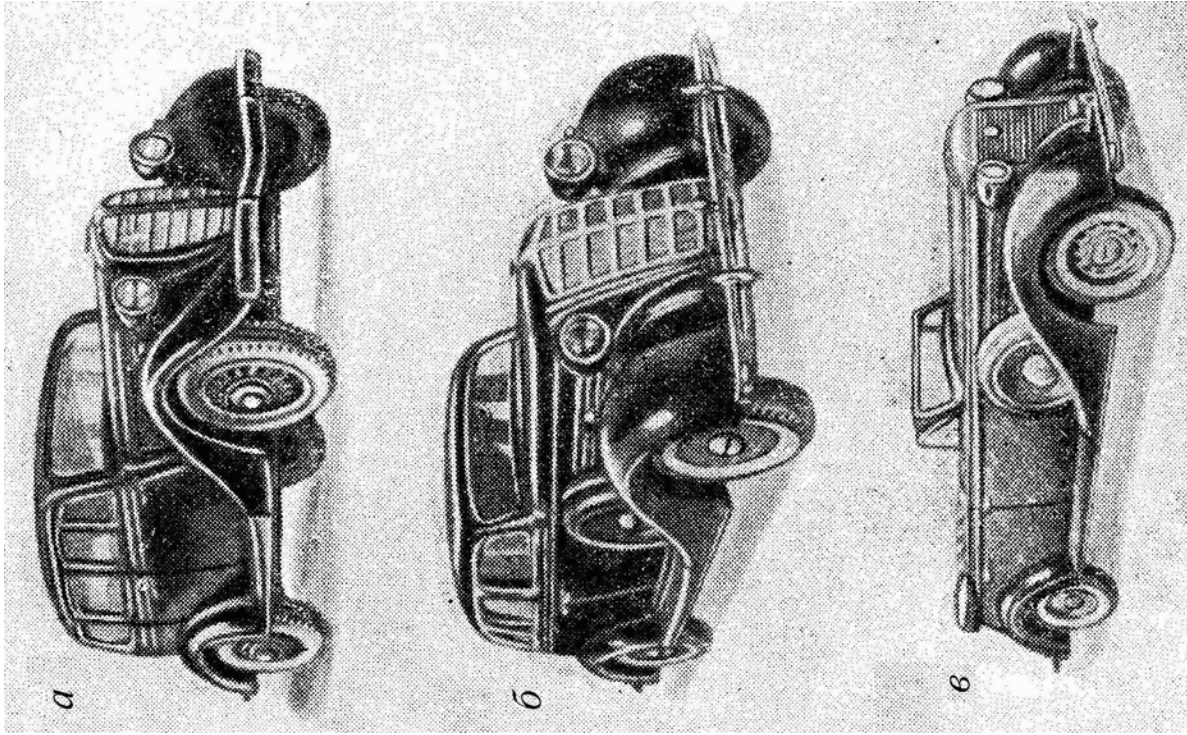


Рис. П.1.5. Легковые автомобили:
 а – ГАЗ-М-1; б – ЗИЛ-101; в – ЗИЛ-102

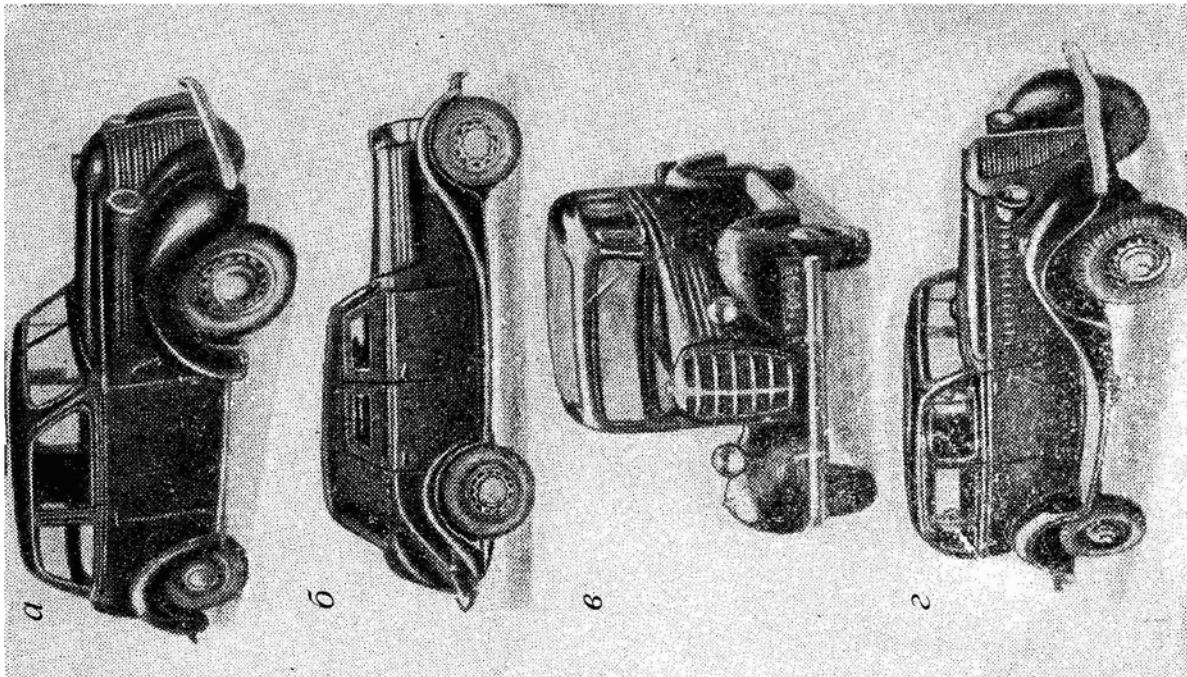


Рис. П.1.6. Легковые автомобили:
a – КИМ-10; *б* – ГАЗ-11-40; *в* – ГАЗ-11-73; *з* – ГАЗ-61

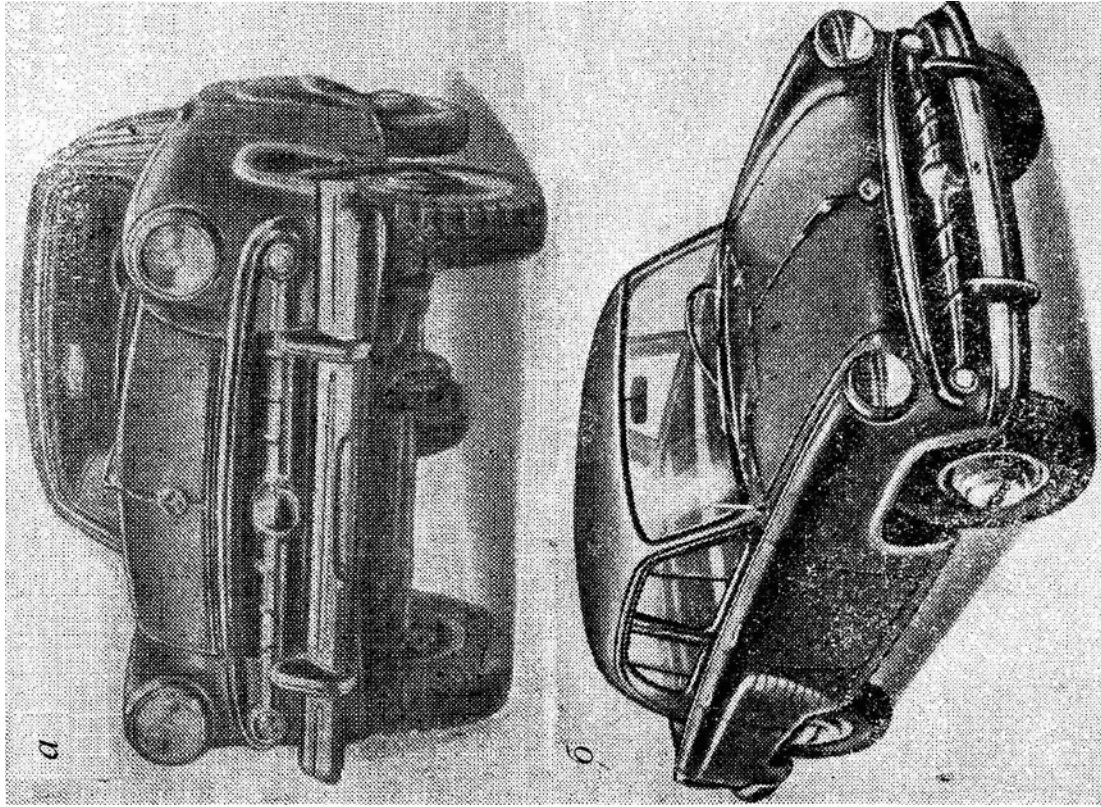


Рис. П.1.7. Легковые автомобили:
a – «Москвич-410Н»; *б* – «Москвич-402»

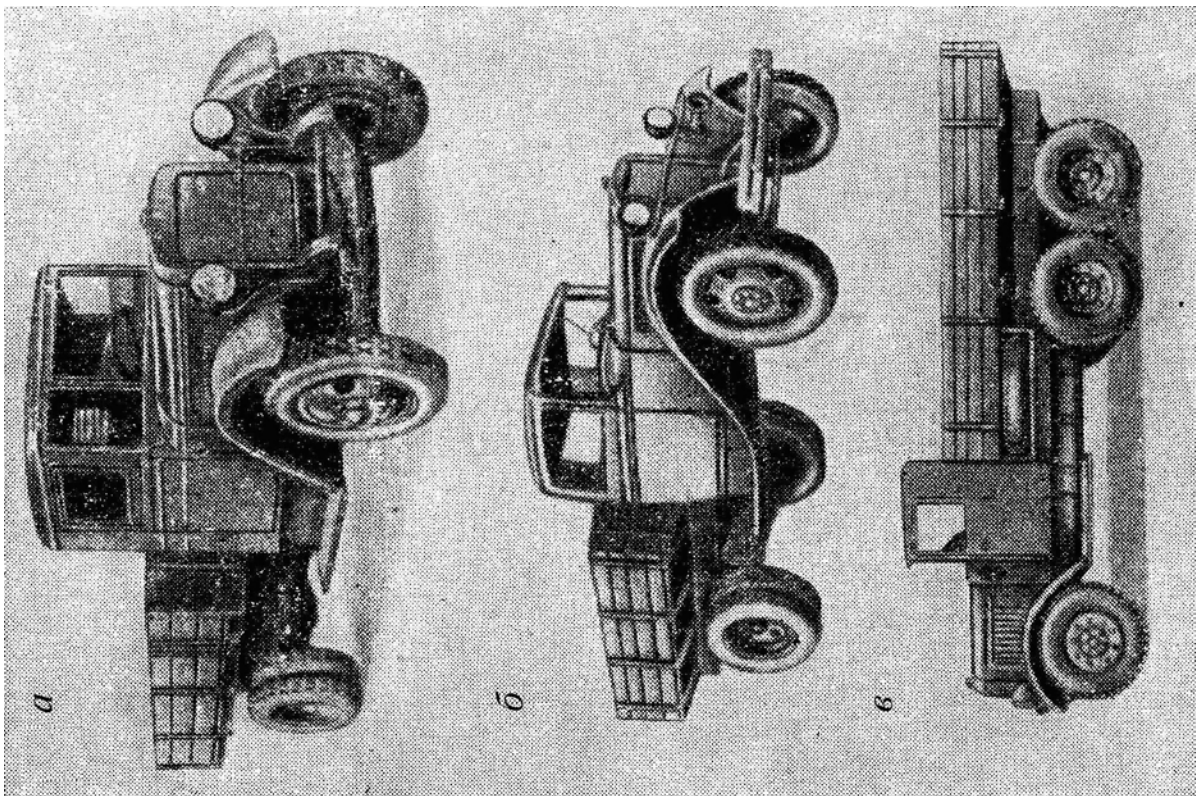


Рис. П.1.8. Грузовые автомобили:
 а – АМО-3; б – ГАЗ-АА; в – ЯГ-10

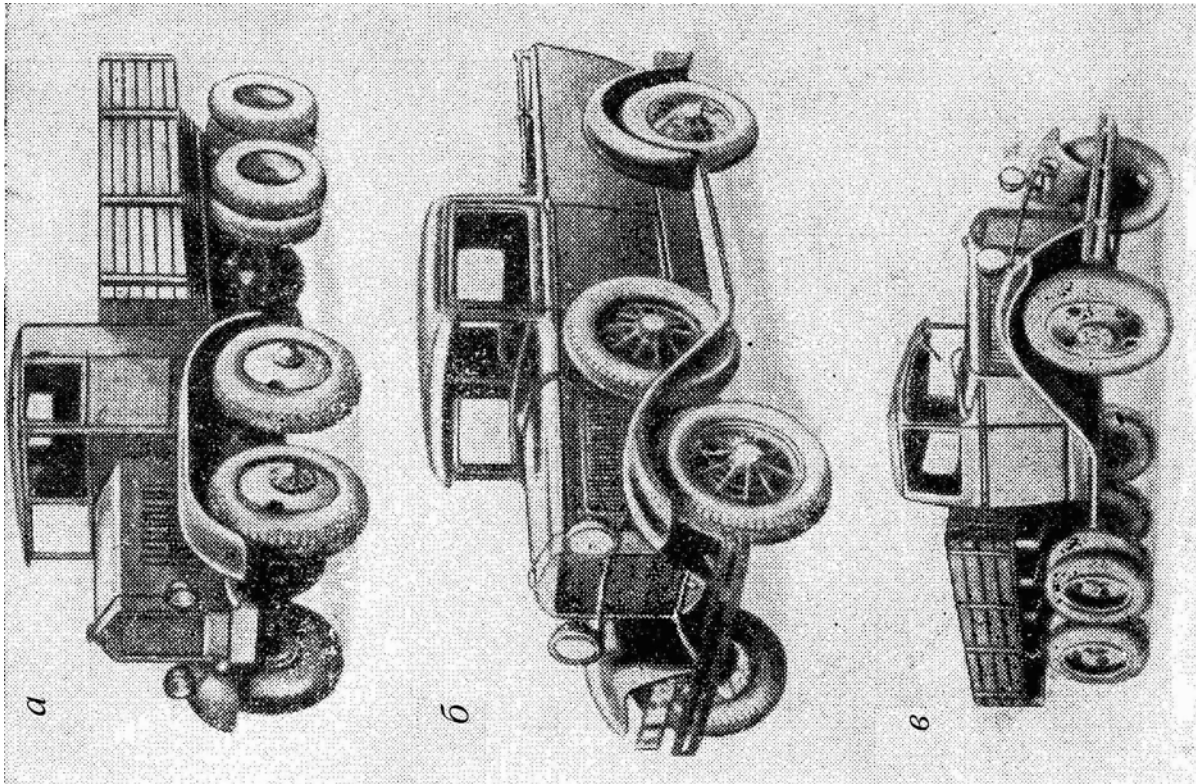


Рис. П.1.9. Грузовые автомобили:
 а – ЯГ-12; б – ГАЗ-4; в – ГАЗ-ААА

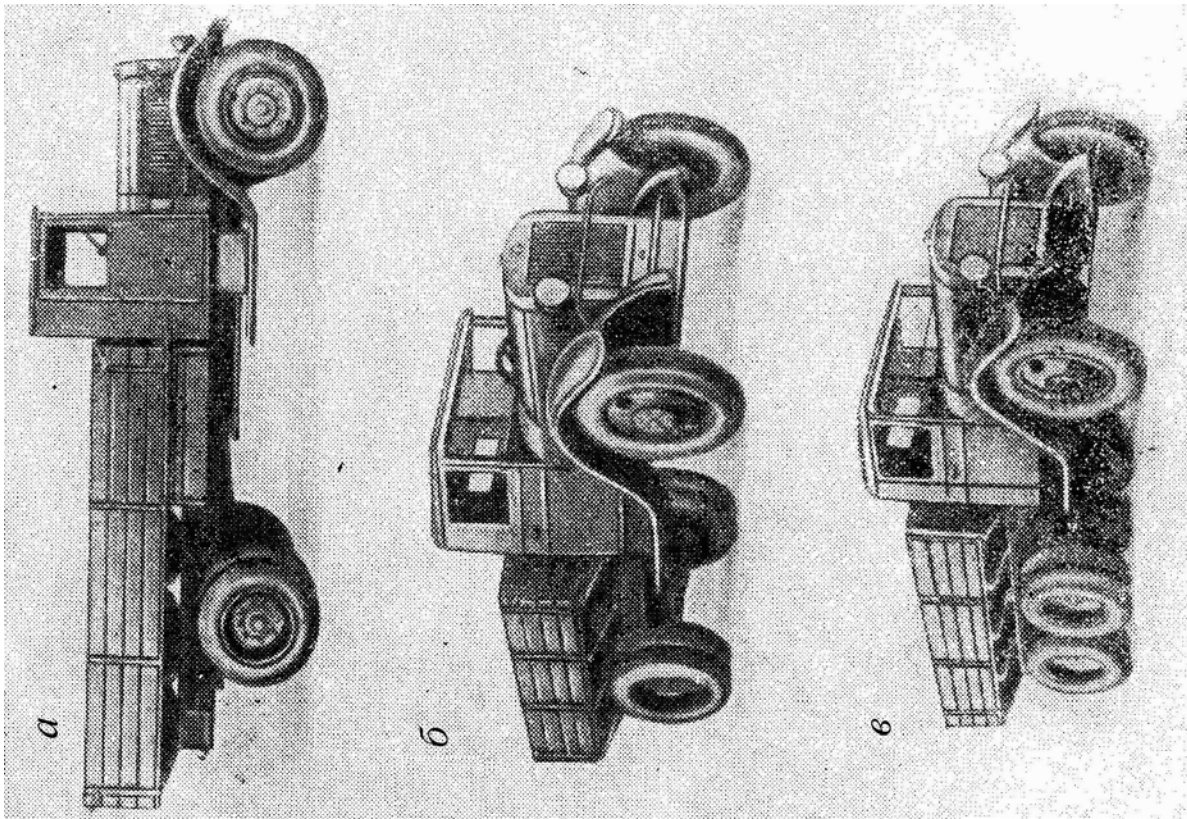


Рис. П.1.10. Грузовые автомобили:
a – ЯГ-4; *б* – ЗИЛ-5; *в* – ЗИЛ-6

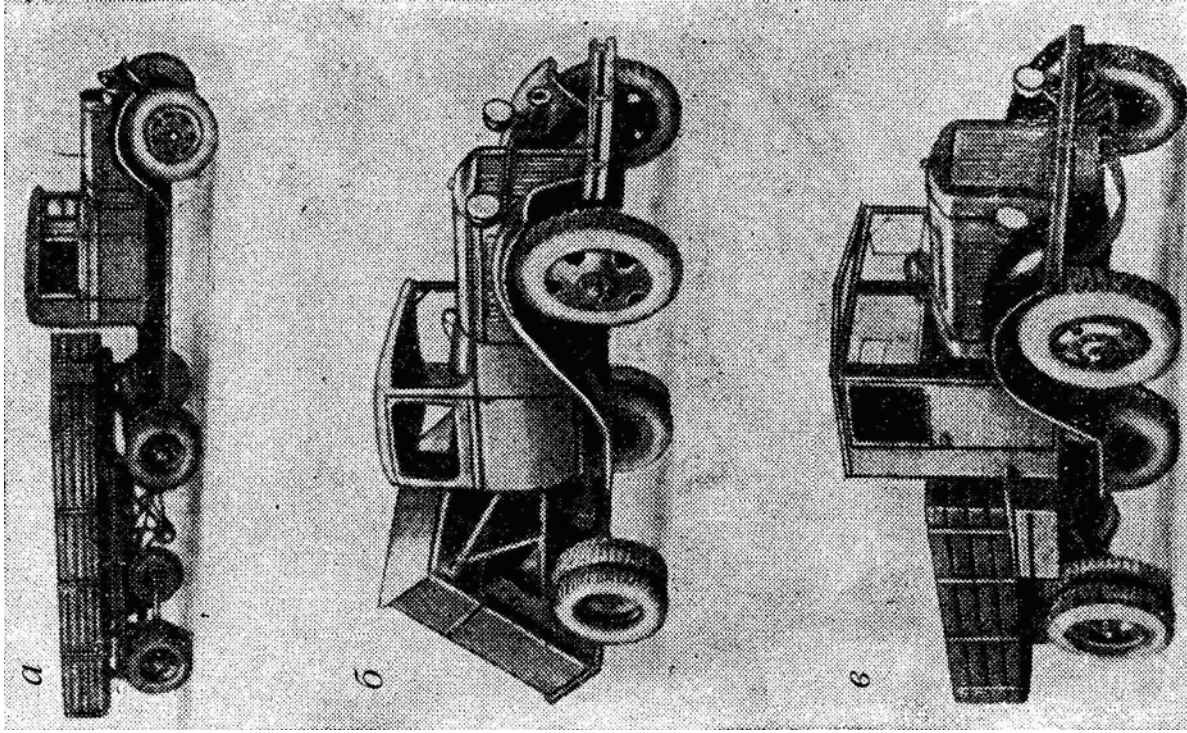


Рис. П.1.11. Грузовые автомобили:
a – ЗИЛ-10; *б* – ГАЗ-410; *в* – ЯГ-6

ОСОБЕННОСТИ ДВИГАТЕЛЕЙ ГРУЗОВЫХ И АРМЕЙСКИХ АВТОМОБИЛЕЙ США 1940...1951 гг.

Характеристика двигателей

Современные автомобильные двигатели отличаются высокой степенью сжатия рабочей смеси, большим числом оборотов и большой литровой мощностью. Возросла также и удельная мощность двигателя (мощность на тонну веса), что увеличило скорость движения автомобиля. Все это предъявляет особые требования к ремонту таких двигателей, а также делает необходимым знакомство ремонтников с основными эксплуатационными особенностями современных автомобильных двигателей. Технические характеристики рассматриваемых в книге двигателей приводятся в табл. П 2.1.

Испытания двигателей иномарок показали заметное расхождение между мощностью, снятой на стенде, и фирменными данными. Например, Додж и Геркулес (Студебекер) вместо 90...95 л.с. дали всего 70...80 л.с. Было также установлено, что ввиду сравнительно высоких степеней сжатия двигателей современных автомобилей (порядка 6,0...6,5) нормальная работа их в эксплуатационных условиях может быть обеспечена только на топливе с октановым числом не ниже 70.

Бензин КБ-70¹ является наиболее подходящим для этих двигателей, однако при этом требуется более поздняя установка зажигания (на 2...3°) против рекомендуемых фирмой. Применение бензина 2-го сорта² без изменения установки зажигания вызывает в двигателе детонацию; наблюдается также разжижение картерной смазки, что является одной из основных причин быстрой изнашиваемости деталей двигателя и малого срока их службы.

Работа двигателей с повышенными степенями сжатия на бензине 2-го сорта может быть допущена при условии установки более позднего (на 5...10°) зажигания и при замене запальных свечей свечами с маркировкой М15×15 (на двигатель ГАЗ-51 свечи М15×15 ставить нельзя, за них задевают клапаны). Но более желательной будет присадка к бензину 2-го сорта антидетонаторов.

Конструктивные особенности двигателей автомобилей

Из приведенных данных следует, что двигатели автомобилей имеют ряд конструктивных особенностей, обеспечивающих их экономичность и высокую удельную мощность.

Основными из этих особенностей являются:

Высокая степень сжатия, лежащая в пределах 6,6...6,7 для коммерческих автомобилей и 5,82...6,7 для большинства армейских автомобилей.

¹ Аналог бензина А-70.

² Аналог бензина А-66.

Наибольшую степень сжатия по первой группе автомобилей имеет двигатель Форд-6 ($\varepsilon=6,7$), а по группе армейских автомобилей двигатель Додж-WC-51 ($\varepsilon=6,7$).

Быстроходность двигателей. Число оборотов двигателей импортных коммерческих автомобилей составляет 3300...3600 об/мин, у двигателей армейских автомобилей снижается и находится в пределах 2500...3200 об/мин. Двигатели отечественного производства имеют обороты 2700...2800 в минуту.

Большая скорость поршня. Скорость поршня у двигателей импортных коммерческих автомобилей колеблется от 12,3 до 13,0 м/с, у двигателей армейских импортных автомобилей скорость поршня несколько ниже и равна 9...10,5 м/с. Новые конструкции двигателей отечественного производства (ГАЗ-51, ЗИС-120) по этой характеристике более подходят к последней группе, имея скорость поршня 10,3 м/с.

Большая литровая мощность двигателей. Литровая мощность двигателей Форд-6 и Додж-WF-32 достигает 24,3...24,4 л.с./л; армейские автомобили и отечественные новых моделей имеют литровую мощность в пределах 16,2...24,1 л.с./л, что указывает на форсированность двигателей.

Малое время на испарение топлива. При числе оборотов коленчатого вала двигателей, соответствующих максимальной мощности, время на испарение топлива составляет всего 0,017...0,02 с для двигателей импортных коммерческих автомобилей и 0,022...0,024 с для армейских двигателей и для новых моделей советских автомобилей.

Применение карбюраторов с падающим потоком. Все двигатели основных марок импортных автомобилей, так же, как и двигатели новых советских моделей, оборудованы карбюраторами с падающим потоком рабочей смеси.

Кроме того, характерным является наличие относительно больших сечений диффузоров карбюраторов и всасывающих патрубков. У двигателей коммерческих автомобилей диаметр диффузора равен 30...34,5 мм, у двигателей армейских автомобилей лежит в пределах 30...32 мм. Увеличение проходных сечений и одновременное сокращение пути движения потока рабочей смеси имеют целью повышение коэффициента наполнения в условиях общего форсирования двигателей.

Материалы деталей двигателя. Повышенная рабочая напряженность деталей двигателей и большой износ, как следствие форсированности, предъявляют более высокие требования, чем обычно, к качеству металла деталей и термической его обработке. Эти требования в значительной степени учтены в новых отечественных конструкциях автомобилей. Так, например, в блоке цилиндров двигателя ГАЗ-51 в зоне наибольшего износа цилиндра имеются короткие гильзы из аустенитового чугуна, цилиндры двигателя ЗИС-120 должны подвергаться поверхностной закалке токами высокой частоты, коленчатые валы двигателей ГАЗ-51 и ЗИС-120 имеют твердую закаленную износостойкую поверхность.

108-115 табл. П.2.1
116-119 табл. П.2.2

табл. п2.2

Что касается находившихся в эксплуатации импортных автомобилей 1940...1945 годов выпуска, то здесь следует учитывать, что во время войны в Америке был издан ряд законов, ограничивающих применение в автостроении дефицитных металлов (хрома, никеля, олова и т.д.), вследствие чего качество некоторых деталей двигателя ухудшилось по сравнению с первоначальным. Это особенно заметно на автомобилях, изготовленных в 1942 и в последующие годы войны.

Изменения в качестве материалов, применяющихся при изготовлении деталей двигателей, отрицательно сказались на их износостойкости, а следовательно, и на сроках службы двигателей в эксплуатации.

Горюче-смазочные материалы. Повышенные степени сжатия двигателей вызвали необходимость увеличения октанового числа применяемых бензинов, а форсированность двигателей, наличие карбюраторов с падающим потоком смеси, допускающих стекание в цилиндры неиспарившегося топлива в период пуска и подогрева двигателя, увеличение проходных сечений всасывающих труб, ухудшающее испаряемость горючего и др., потребовали более легких сортов бензина.

Приложение 3

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ИЗНОС ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВЫПУСКА 1941...1945 гг.

Конструктивные факторы

Эксплуатационные испытания импортных автомобилей, проведенные в 1941...1945 гг. в нашей стране, показали, что при работе на обычных автомобильных ГСМ надежность и сроки службы различных марок двигателей не одинаковы. На первом месте стоит двигатель автомобиля Студебекер, как имеющий более длительный срок службы до капитального ремонта. На втором месте – двигатель автомобиля Виллис, третье место занимает двигатель Додж, четвертое Форд и, наконец, на последнем месте Шевроле, как имеющий наименее удовлетворительные показатели по срокам службы.

Двигатели армейских автомобилей Студебекер и Шевроле по сравнению с двигателями других марок автомобилей имели конструктивные особенности, как это видно из технических характеристик: наименьшую степень сжатия, наименьшее число оборотов коленчатого вала (при семи опорах у двигателя Геркулес).

Шейки коленчатого вала двигателей Геркулес-УХД имели наибольшую поверхностную твердость при наиболее высоком качестве антифрикционной заливки вкладышей.

Менее надежный двигатель Шевроле имел высокую степень сжатия, равную 6,62. Материал подшипников и коленчатого вала, а также твердость шеек вала двигателя Шевроле значительно ниже, чем у двигателя Геркулес. Кроме

того, большой вес чугунных поршней двигателя Шевроле при его быстроходности весьма неблагоприятно отражался на износостойкости деталей кривошипно-шатунного механизма.

Двигатели коммерческих автомобилей Додж-WF-32 и Форд-6. Двигатели этих автомобилей являлись наиболее форсированными. Литровая мощность этих двигателей (24,3...24,4 л.с./л) значительно превышает литровую мощность двигателей автомобилей Студебекер (18,1 л.с./л). Степень сжатия (6,6...6,7) и число оборотов (3300...3600) являются также более высокими по сравнению с аналогичными показателями наиболее выносливого армейского двигателя Геркулес.

Удельное давление в шатунных подшипниках двигателя Форд-6 является наиболее высоким (на 10% превышает удельное давление в шатунных подшипниках двигателя Додж).

Подогрев всасывающего коллектора у двигателей Форд и Шевроле действует только в период пуска и прогрева двигателя, что, по сравнению с более простым по устройству постоянным подогревом, имеющимся у двигателей Студебекер и Додж, создает при работе на тяжелых сортах бензина худшие условия для испаряемости топлива и является причиной более интенсивного разжижения смазки.

В силу этого срок службы двигателей Форд-6 и Шевроле до капитального ремонта составляет в среднем 15...20 тыс. км. Наиболее надежными из группы коммерческих автомобилей оказались двигатели автомобилей Додж-WF-32, выдерживающие до капитального ремонта пробег в 25...30 тыс. км.

Двигатели отечественных автомобилей новых моделей. В новых послевоенных моделях двигателей производства наших автозаводов советские конструкторы сумели учесть не только опыт эксплуатации импортных автомобилей за время Великой Отечественной войны, но также и специфические требования к работе автомобилей в различных условиях нашей страны. Конструктивные параметры двигателей этих автомобилей, характеризующиеся пониженной (по сравнению с коммерческими автомобилями) степенью сжатия, пониженным числом оборотов, меньшей скоростью поршня, меньшей литровой мощностью, меньшими удельными давлениями в подшипниках, в целом меньшей форсированностью, оказались более соответствующими условиям эксплуатации в нашей стране. Удлинению эксплуатационного срока службы двигателя служат такие конструктивные усовершенствования по ГАЗ-51, как, например, применение алюминиевых головок блока, запрессовка в верхнюю часть цилиндров коротких износостойких гильз, установка на поршне двух маслосъемных колец, наплавка на тарелки толкателей отбеленного чугуна, применение подогрева рабочей смеси с ручной регулировкой его, установка масляного радиатора для охлаждения смазки, принудительная вентиляция картера двигателя, установка специальных жалюзи перед радиатором для регулировки интенсивности охлаждения воды, установка пускового подогревателя. Пусковой подогреватель обеспечивает в холодное время прогрев рубашки двигателя, системы всасыва-

ния и масляного картера¹. Пробег двигателей отечественных автомобилей выпуска 1946...1947 гг. до капитального ремонта составлял не менее 100 тыс. км, так как в период 1941...1945 гг. прототипы этих ДВС устанавливались на танках Т-60, Т-70, СУ-76 (ГАЗ) и БТР 6×6 (ЗИЛ).

Таблица П.3.1

Сравнительные показатели автомобильных ДВС 1940...1951 гг.

Сравнительные показатели	Сорт горючего	Марка двигателя					
		Форд-6	Додж-WF-32	Геркулес-УХД (Студебекер)	Шевроле-G-7107	ГАЗ-51 ¹	ЗИС-120 ²
Максимальная мощность двигателя, л.с. (при <i>n</i> об/мин)	КБ-70 2-й сорт	71,4/3250 69,2/3150	80,2/3500 77,0/3250	69,2/2250 66,2/2250	68,0/2450 63,7/2500	– 66,0/2800	– 87,0/2600
Удельный расход топлива г/э.л.с.ч. при максимальной мощности	КБ-70 2-й сорт	346 342	334 336	312 335	273 294	– 325	– –
Максимальный расход топлива на полном дросселе	КБ-70 2-й сорт	301 307	295 310	304 327	272 285	– –	– 270
Максимальный расход топлива на прикрытом дросселе	КБ-70 2-й сорт	273 288	285 305	298 325	268 298	– 280	– –

Примечания. 1. По данным стендовых испытаний ЦНИИАТ. Испытания проводились с регулятором и только на автобензинах КБ-70 (А-7-) и «2-го сорта» (А-66).

2. По данным стендовых испытаний Московского автозавода им. Лихачева (ЗИЛ).

¹ Аналогичные конструкционные решения были применены на двигателях автомобилей ГАЗ-61, выпускаемых в нашей стране с 1940 г., а также на ДВС армейских боевых аэросаней конструкции М.В. Веселовского и ДВС легких самолетов конструкции Смолина 1940...1947 гг. выпуска. Базовой конструкцией явился двигатель ГАЗ-11-70 (1938 г.), разработчик конструкции Н.Г. Мозохин (1910...1973), лауреат Государственной премии.

ДАТЫ СОЗДАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ ОСНОВНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ РАЗРАБОТОК

Развитие конструкций зарубежных легковых автомобилей с 1919 по 2007 гг.

- 1490 г. – Леонардо да Винчи создал механическую машину с ручным приводом.
- 1545 г. – Джеронимо Кардано, итальянский механик, изобрел всесторонне подвижный крестообразный шарнир (кардан).
- 1769 г. – Джеймс Уатт, шотландский механик, получил патент на паровую машину с конденсатором.
- 1704 г. – появились листовые эллиптические рессоры на каретах.
- 1792 г. – Колридж изобрел ось кареты с резьбой на концах для крепления колес гайками.
- 1801 г. – Ф. Лебон получил патент на первый двигатель внутреннего сгорания, работавший на светильном газе, но сведений о его изготовлении в металле не имеется.
- 1816 г. – немецкий изобретатель Ланкеншпергер изготовил переднюю каретную ось с колесами, поворачивающимися на шкворнях; в том же году шотландский священник Роберт Стирлинг создал двигатель «внешнего» сгорания (двигатель Стирлинга и цикл Стирлинга).
- 1818 г. – ось с колесами, поворачивающимися на шкворнях, была усовершенствована англичанином Аккерманом и позднее нашла применение на автомобилях.
- 1825 г. – англичанин Джеймс предложил конструкцию 4-колесного парового тягача со всеми ведущими колесами.
- 1828 г. – француз Пеке предложил конструкцию грузового парового экипажа с механизмом передачи мощности на каждое колесо самостоятельно (через дифференциальное устройство).
- 1844 г. – Чарльз Гудьир, американский химик, впервые осуществил вулканизацию сырого каучука.
- 1845 г. – Уильям Томпсон, эдинбургский торговец, придумал и запатентовал пневматические колеса.
- 1858 г. – люксембуржец Жан Жозеф Этьен Ленуар (1822–1900 гг.) предложил конструкцию двигателя внутреннего сгорания, работавшего на всасываемой газовой смеси, поджигаемой электрической искрой, в результате чего за счет повышения давления в цилиндре совершалась полезная работа.
- 1859 г. – Р. Дж. Планте, французский физик, изобрел свинцовый аккумулятор.
- 1865 г. – появился карбюратор Маркуса.

- 1866 г. – Вернер Сименс, немецкий электротехник, изобрел динамо.
- 1875 г. – Зигфрид Маркус собрал автомобиль с бензиновым двигателем и электромагнитным зажиганием; в том же году закончена разработка нового двигателя Отто и подана заявка на патент на четырехтактный двигатель внутреннего сгорания.
- 1877 г. – Н.А. Отто получил патент на четырехтактный двигатель внутреннего сгорания (цикл Отто и двигатель Отто);
- появились шины с подкачкой;
 - Старлей и Пекер изобрели шестеренчатый дифференциал.
- 1885 г. – Карл Бенц выпустил трехколесный автомобиль;
- Готлиб Даймлер сконструировал первый в мире мотоцикл;
 - в этом же году был продан первый автомобиль К. Бенца, началась эра автомобилестроения.
- 1886 г. – Г. Даймлер продемонстрировал свою первую четырехколесную машину.
- 1887 г. – К. Бенц создал зажигание для двигателей низкого давления.
- 1886 г. – Джон Бойд Данлоп, ирландский ветеринар, получил патент на пневматические шины для велосипеда.
- 1889 г. – сконструировано и установлено независимое управление парой колес на автомобиле Г. Даймлера (в 1893 г. – на автомобиле К. Бенца).
- 1893 г. – Вильгельм Майбах, немецкий конструктор, и Донат Банки, венгерский изобретатель, создали независимо друг от друга поплавковый карбюратор.
- 1895 г. – фирмой «Панар-Левассор» построен первый автомобиль с закрытой кабиной, причем двигатель установлен спереди автомобиля;
- на автомобилях «Рено» стали устанавливаться карданный вал и коническая главная передача в силовой трансмиссии вместо обычной для того времени цепной передачи;
 - установлены пневматические шины на автомобиль «Бенц»;
 - собран первый автомобиль в С.-Петербурге (Яковлева и Фрезе).
- 1896 г. – Ф.У. Ланкастер создал первую английскую машину.
- 1897 г. – Рудольф Дизель продемонстрировал общественности свой двигатель с воспламенением от сжатия.
- 1898 г. – в Париже организована и проведена первая автомобильная выставка;
- установлена коробка передач с тремя передними и одной задней скоростями, использован шарнирный вал (кардан) и дифференциал на задней оси («Рено»);
 - использовано рулевое колесо (автомобиль Э. Левассора).
- 1902 г. – появилась педаль акселератора на автомобиле «Мерседес»;
- впервые использован привод на все колеса автомобиля (модель «Спайнер», США);
 - в России вышел журнал «Автомобиль».
- 1903 г. – на автомобиле появилось ветровое стекло;

- организовано Российское автомобильное общество, с 1909 г. оно стало именоваться Императорским;
 - изобретено безопасное автомобильное стекло.
- 1904 г. – в Англии возник дамский автоклуб; в России на заводе П.П. Ильина выпущен первый автомобиль (впоследствии – завод «Спартак»).
- 1908 г. – создан концерн «Дженерал Моторс Корпорейшн»; в том же году впервые использована конвейерная сборка автомобилей на заводе Г. Форда.
- 1911 г. – созданы первые серийные автомобили «Кадиллак» с электрическим стартером и соответствующей кнопкой управления на панели приборов;
- появился на автомобилях ключ зажигания;
 - в России на заводе И.П. Пузырева выпущен первый автомобиль.
- 1912 г. – в продаже появились первые запасные колеса; американец Э. Балл начал выпуск автомобилей с цельнометаллическим кузовом.
- 1916 г. – ежегодный выпуск автомобилей в США превысил 1 млн штук.
- 1917 г. – появилась электрическая трансмиссия.
- 1921 г. – при участии Е.А. Чудакова в России создан Научный автотракторный институт (НАМИ).
- 1923 г. – повсеместно стали применять тормоза для всех четырех колес;
- начали добавлять в бензин тетраэтилсвинец для повышения октанового числа топлива (этилирование), что позволило повысить степень сжатия, увеличить мощность двигателя и повысить его экономичность;
 - Е.А. Чудаковым основана кафедра «Автомобили» в Московском автотракторном институте (ныне МГТУ «МАМИ»).
- 1924 г. – в России на заводе АМО (г. Москва) выпущен автомобиль «АМО-Ф15»; это дата начала жизни автозавода ЗИЛ (до 1956 г. – ЗИС).
- 1926 г. – фирмы «Даймлер» и «Бенц» объединились в акционерное общество «Даймлер Бенц АГ» (марка автомобиля «Мерседес-Бенц»); в том же году в большинстве развитых стран введено октановое число для определения качества бензина, предложенное американским ученым Г. Эдгаром.
- 1929 г., 4 марта – Высший совет народного хозяйства (ВСНХ) СССР издал приказ №498 о постройке автозавода мощностью 100 тыс. автомобилей в год около г. Нижнего Новгорода (позднее г. Горький) в деревне Монастырка.
- 1931 г. – в Германии выпущен первый автомобиль «DKW» с приводом на передние колеса; коробка передач с синхронизаторами всех ступеней была изготовлена в Германии на заводах фирмы ZF.
- 1932 г. – пуск Горьковского автозавода (ГАЗ).
- 1933 г. – главным конструктором ГАЗа назначен А.А. Липгарт, который успешно проработал на этой должности до 1951 г. Начали воплощаться

принципы аэродинамики в конструкции серийных моделей легковых автомобилей.

- 1936 г. – с конвейера Горьковского автозавода сошли первые машины модели М-1, получившие впоследствии ласковое прозвище «эмка».
- 1938 г. – заложен завод Фольксваген (Германия).
- 1939 г. – на автомобилях «Раскати» (США) появился первый кондиционер.
- 1946 г. – в Германии выпущен первый автомобиль марки «Фольксваген».
- 1947 г. – на Горьковском автозаводе сошел с конвейера легковой автомобиль «Победа» М-20, ставший эпохой в творческой жизни его конструкторов.
- 1950 г. – на ГАЗе начат выпуск лимузина ГАЗ-12 с гидромуфтой в трансмиссии; в том же году выпущен серийный автомобиль с передней независимой рычажно-свечной подвеской конструкции Эрла МакФерсона.
- 1954 г. – выпущен первый автомобиль «Ситроен» с гидропневматической подвеской; в том же году на автомобиле «Мерседес-Бенц» применен серийный двигатель с впрыском топлива.
- 1955 г. – установлена гидропневматическая подвеска колес с изменяемым клиренсом (автомобиль «Ситроен DS-19»).
- 1958 г. – пуск Ново-Горьковского нефтеперерабатывающего завода (НПЗ).
- 1958 г., 17 апреля – дата рождения Заволжского моторного завода (ЗМЗ).
- 1959 г. – выпущена первая модель сверхкомпактного переднеприводного автомобиля «Мини» (с поперечным расположением двигателя) английского конструктора А. Исигониса.
- 1959 г., 4 ноября – на ЗМЗ собран первый заводской двигатель ЗМЗ-21 для автомобилей «Волга ГАЗ-21».
- 1963 г., октябрь – на ЗМЗ начато производство восьмицилиндровых двигателей ЗМЗ-13 и ЗМЗ-66.
- 1966 г. – заложен отечественный гигант легкового автомобилестроения в г. Тольятти – Волжский автозавод (ВАЗ).
- 1970 г. – без остановки производства Горьковский автозавод перешел на выпуск нового легкового автомобиля ГАЗ-24 «Волга» и на ЗМЗ начат массовый выпуск двигателей ЗМЗ-24; в этом же году пущен первый конвейер ВАЗа в г. Тольятти; начато строительство крупного промышленного комплекса КамАЗ в г. Набережные Челны по выпуску 100 тыс. тяжелых грузовиков в год.
- 1977 г. – на Горьковском автозаводе начат выпуск лимузинов и фаэтонов ГАЗ-14 «Чайка».
- 1991 г. – на японские автомобили впервые установлены автомобильные навигационные системы.
- 1992 г., 13 июля – на «ЗМЗ» собран первый бензиновый двигатель с распределенным впрыском топлива промышленной партии ЗМЗ-4062.10; в том же году 29 октября создано акционерное общество «Заволжский моторный завод».

- 1997 г. – японский автомобильный гигант «Тойота» поставил на конвейер первый в мире серийный легковой автомобиль «Тойота Приус» с гибридной силовой установкой, предназначенный для продаж в Японии.
- 2000 г., февраль – на «ЗМЗ» начато производство двигателей с впрыском бензина ЗМЗ-4092.10 и ЗМЗ-4052.10.
- 2001 г. – концерн «Тойота» поставил на конвейер доработанную модель легкового автомобиля с гибридной силовой установкой «Тойота Приус II», на которой обеспечивается средний расход топлива не более 5 л/100 км.
- 2007 г. – исполнилось 75 лет Горьковскому автозаводу (ОАО «ГАЗ») и 90 лет главному поставщику высококвалифицированных инженерных кадров автогиганта Нижегородскому государственному техническому университету им. Р.Е. Алексеева (ранее Горьковский политехнический институт – ГПИ).

АВТОМОБИЛИ ГОДА

- | | |
|---|---|
| 1963 г. – «Rover 2000» (Англия) | 1964 г. – «Austin 1800» (Англия) |
| 1965 г. – «Renault 16» (Франция) | 1966 г. – «FIAT 124» (Италия) |
| 1967 г. – «NSU RO-80» (Германия) | 1968 г. – «Peugeot 504» (Франция) |
| 1969 г. – «FIAT 128» (Италия) | 1970 г. – «Citroen GS» (Франция) |
| 1971 г. – «FIAT 127» (Италия) | 1972 г. – «Audi 80» (Германия) |
| 1973 г. – «Mercedes-Benz 450»
(Германия) | 1974 г. – «Citroen CX» (Франция) |
| 1975/76 г. – «SIMKA 1307/1308» (Франция) | 1977 г. – «Rover 3500» (Англия) |
| 1978 г. – «Porsche 928» (Германия) | 1979 г. – «SIMKA Horizon» (Франция) |
| 1980 г. – «Lancia Delta» (Италия) | 1981 г. – «Ford Escort» (Германия) |
| 1982 г. – «Renault 9» (Франция) | 1983 г. – «Audi 100» (Германия) |
| 1984 г. – «FIAT Uno» (Италия) | 1985 г. – «Opel Kadett» (Германия) |
| 1986 г. – «Ford Scorpio» (Германия) | 1987 г. – «Opel Omega» (Германия) |
| 1988 г. – «Peugeot 405» (Франция) | 1989 г. – «FIAT Tipo» (Италия) |
| 1990 г. – «Citroen XM» (Франция) | 1991 г. – «Renault Clio» (Франция) |
| 1992 г. – «Volkswagen Golf-3» (Германия) | 1993 г. – «Nissan Micra» (Англия) |
| 1994 г. – «Ford Mondeo» (Германия) | 1995 г. – «FIAT Punto» (Италия) |
| 1996 г. – «FIAT Bravo» (Италия) | 1997 г. – «Renault Scenic» (Франция) |
| 1998 г. – «Alfa Romeo 156» (Италия) | 1999 г. – «Ford Focus» (Германия) |
| 2000 г. – «Toyota Yaris» (Англия) | 2001 г. – «Alfa Romeo 147» (Италия) |
| 2002 г. – «Peugeot 307» (Франция) | 2003 г. – «Renault Megane II» (Франция) |
| 2004 г. – «FIAT Panda» (Италия) | 2005 г. – «Toyota Prius II» (Англия) |
| 2006 г. – «Renault Clio III» (Франция) | 2007 г. – «Ford S-max» (Германия) |

Конструкции зарубежных легковых автомобилей (1919...2007 гг.)

Уже на следующий год после окончания Первой мировой войны французская фирма сумела восстановить производство гражданских автомобилей. Первым был освоен выпуск 3,7-метрового открытого Peugeot Type 159.

Его сборка началась в 1919 г. на заводе в городе Бовиль, который с 1914 г. был переведен на выпуск военной продукции, заводы в Лилле и Сошо

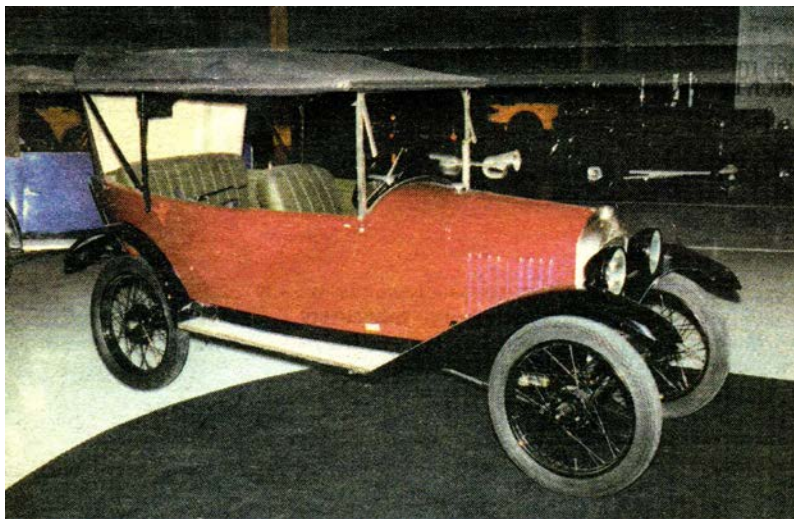


Рис. П.4.1. Peugeot Type 159 (Франция)

во время войны пострадали сильнее и еще не были восстановлены.

Peugeot Type 159 можно считать переходной моделью от довоенной продукции (Peugeot Type VD2) к послевоенной, как и восстановленный в своих правах Peugeot Type 153 (1920–1925 гг.), ведущий свою родословную с 1913 г.

В отличие от «сто пятьдесят третьей» модели, у которой было множество модификаций, Peugeot Type 159 выпускался только с кузовом торпедо.

Столь ограниченное предложение было вызвано тем, что в конструкторском бюро французской фирмы уже к лету 1919 г. была разработана абсолютно новая модель Peugeot Type 163. Она появилась в продаже в конце года и составила уже настоящую конкуренцию продукции Citroën и Renault в рыночной нише «10 налоговых лошадиных сил». Это объясняет столь малый тираж «сто пятьдесят девятой» модели, в 19 раз меньший, чем у Peugeot Type 163.

Интересно, что у Peugeot Type 159 были спицованные колеса, а у его преемника – менее практичные, с деревянными спицами. Автомобиль комплектовался четырехступенчатой коробкой передач, и это в конце десятых годов прошлого века было обычным явлением у Peugeot – большинство ее довоенных моделей простились с трехступенчатой коробкой передач.

Всего с 1919 по 1920 год на заводе Peugeot в Бовиле было выпущено 502 экземпляра Peugeot Type 159 (по другим данным – 500 экземпляров).

Общие данные: годы выпуска – 1919–1920; тип кузова – торпедо; число мест – 3–4; максимальная скорость – 56 км/ч. Длина – 3,70 м, ширина – 1,45 м, колесная база – 2,64 м.

Двигатель: (тип MG): 4-цилиндровый, рядный; расположение – спереди продольно; рабочий объем – 1452 куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 68×100 мм; мощность – 10 л.с.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; коробка передач – механическая 4-ступенчатая.

Подвеска: на продольных полуэллиптических рессорах.

Этот 3,15-метровый двухместный открытый автомобильчик благодаря хорошему качеству сборки, экономичности и малой цене пользовался большой популярностью во Франции в начале двадцатых годов.

Он стал дальнейшим развитием появившейся в производственной программе Peugeot в 1921 г. модели Peugeot Quadrilette Type 161 E (которая, в свою очередь, пришла на смену выпускаемому в 1920 г. 350-килограммовому Type 161 и отличалась от него главным образом тем, что пассажирское сиденье у нее располагалось не за водителем, а рядом). Новшеством было и то, что автомобиль получил одинаковые переднюю и заднюю колеи колес.



Рис. П.4.2. Peugeot Quadrilette Type 172 (Франция)

Внешне Peugeot Quadrilette Type 172 отличался от предшественника более пропорциональными чертами кузова, объемными крыльями, округлой верхней частью облицовки радиатора, фарами большего размера и более высоким тентом. Тип кузова остался прежним – торпедо, то есть у автомобиля с мягкой крышей не было боковых стекол.

Peugeot Quadrilette Type 172 отличался отменной экономичностью, средний расход бензина не превышал 5 л/100 км. В материалах французской фирмы тех лет утверждалось, что этот автомобиль был самым экономичным в мире.

Стоил Peugeot Quadrilette Type 172, в зависимости от комплектации, от 7700 до 11 300 франков (для сравнения: выпускавшийся в те годы Citroën 5CV с кузовом двухместное торпедо стоил 8900 франков, в варианте двухместный кабриолет – 10 700 франков).

Всего с 1923 по 1924 год было выпущено на заводе в городе Больё (Beaulieu) 8705 экземпляров Peugeot Quadrilette Type 172.

Общие данные: годы выпуска – 1923–1924; тип кузова – торпедо; число мест – 2; снаряженная масса – менее 400 кг; максимальная скорость – 60 км/ч. Длина – 3,15 м, ширина – 1,20 м, колесная база – 2,27 м. Средний расход топлива – менее 5 л/100 км.

Двигатель: тип Ne 2; 4-цилиндровый, рядный; расположение – спереди продольно; рабочий объем – 667 куб. см (по данным каталога коллекции SAS Le Prince Monaco – 695 куб/ см); диаметр цилиндра и ход поршня – 50×85 мм; мощность – 4 л.с.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; коробка передач – механическая 3-ступенчатая.

Цена (февраль 1923 г.): шасси – 7700 франков, базовая комплектация – 8750 франков, с ацетиленовыми фарами – 9200 франков, с электрическими фарами – 9900 франков, с электрическим стартером – 10200 франков, спортивный вариант – 10300–11300 франков.

В 1927 году лейтенант Фредерик Луазо обратился к М. Сэнту, заместителю Французского правительства в Тунисе, с идеей обеспечить связь между французскими колониями в Северной Африке с помощью «суперскоростных» автомобилей, более быстрых, чем гусеничные Citroën, участвовавшие в рейде в Сахару в 1924 г. Французский лейтенант предложил и поставщика таких автомобилей – Bugatti, чья продукция славилась отменной надежностью.

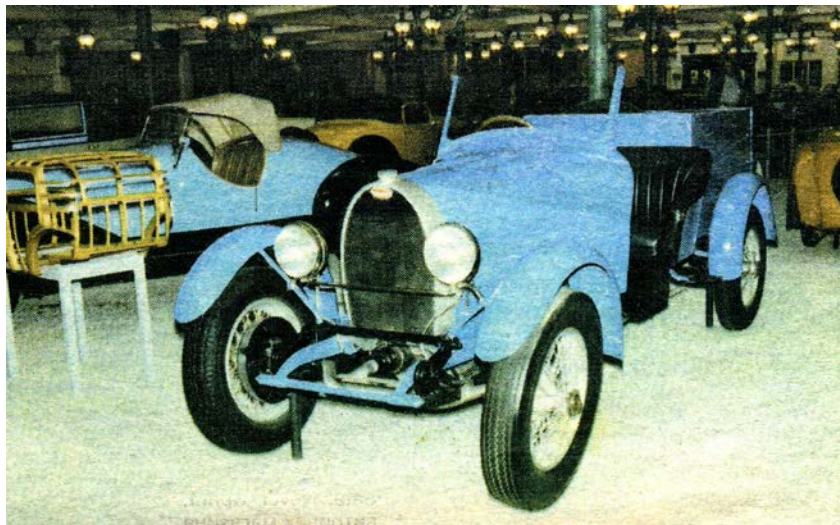


Рис. П.4.3. Bugatti Type 40 Camionnette (Франция)

ция славилась отменной надежностью.

В январе 1928 г. Этторе Бугатти согласился разработать автомобиль, способный пройти 15 тысяч километров по жутким африканским дорогам (первоначальный конечный пункт Чад к этому времени был заменен на Берег Слоновой Кости). Для «автомобиля пустыни» было выбрано прочное шасси купе Bugatti Type 40, появившегося в 1926 г.

Пикап с высокой грузовой деревянной платформой, в которой вертикально крепилось запасное колесо, не отличался комфортом – он не имел крыши над двухместным сиденьем. Автомобиль получил дополнительный 225-литровый бензобак, систему выпуска без глушителя и дополнительный масляный насос с ручным приводом. Система охлаждения была доработана для жаркого климата.

В 1929 г. французский пикап за 32 дня успешно преодолел 15 тысяч километров по пескам Сахары и тем самым доказал, что выбор автомобиля марки Bugatti был правильным.

Общие данные (шасси № 40811): материал кузова – стальной лист, фанера (грузовая платформа – из досок), на раме; тип кузова – пикап; число мест – 2; максимальная скорость – 120 км/ч. Колесная база – 2,71 м, колея – 1,20 м. Емкость дополнительного топливного бака – 225 л.

Двигатель (№ 157): 4-цилиндровый, рядный; расположение – спереди продольно; рабочий объем – 1496 куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 69×100 мм; мощность – 45 л.с. при 5000 об/мин. Система газораспределения: распредвал в головке блока, три клапана на цилиндр. Система питания: 1 карбюратор Zenith. Особенности конструкции: полноопорный коленвал, дополнительный масляный насос с ручным приводом, система выпуска без глушителя, порядок работы цилиндров: 1–2–4–3.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; сцепление – многодисковое, в масляной ванне; коробка передач – механическая 4-ступенчатая.

Подвеска: на полуэллиптических рессорах, с рычажными амортизаторами.

Тормоза: с тросовым приводом.

Гениальный конструктор Этторе Бугатти мечтал о создании суперавтомобиля еще до Первой мировой войны. Но его амбициозным планам суждено было сбыться лишь во второй половине двадцатых годов XX века, когда Этторе добился финансовой самостоятельности и завод, основанный им в 1909 г. в эльзасском Мольсхайме близ Страсбурга, освоил уже два десятка моделей.

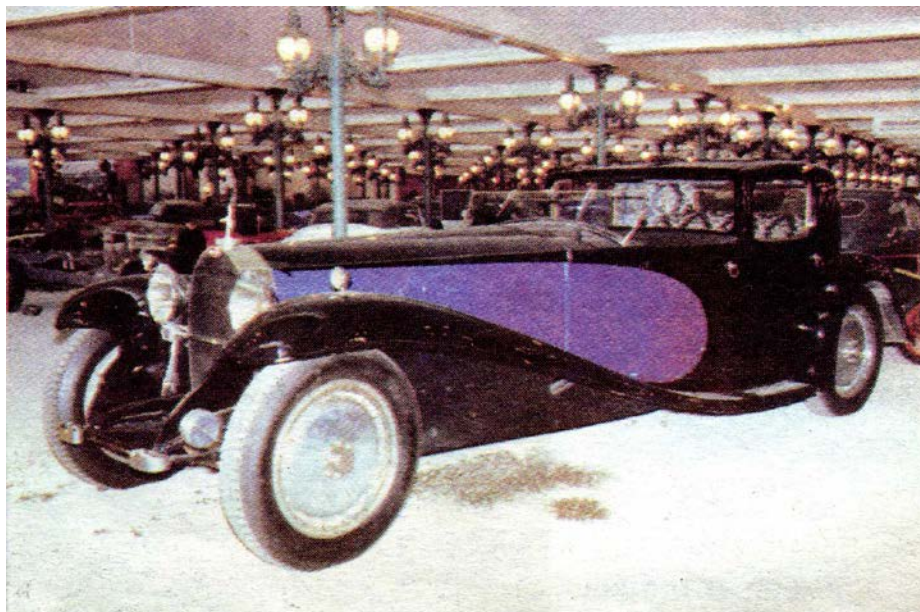


Рис. П.4.4. Bugatti Type 41 Coupe Napoleon (Франция)

С 1926 по 1933 год было выпущено шесть гигантских Bugatti Type 41 Royale (приставка в названии означает «королевская»). Предназначались они для продажи августейшим особам, но так и не были куплены ни одним монархом (король Испании на презентации в июле 1927 года заинтересовался было Bugatti Type 41 Royale, но передумал и приобрел Duesenberg).

«Королевские» Bugatti различают по номерам шасси и кузовам. С показанным на фото связана самая запутанная история. Один и тот же номер – 41100 – имели и прототип, и серийный образец.

В 1926 году на шасси-прототип с двигателем рабочим объемом 14 726 куб. см был установлен кузов торпедо от фирмы Packard. В 1928 г. на смену паккардовскому кузову пришли архаичные, напоминающие кареты кузова: сначала купе, затем – седан.

После аварии у Bugatti Type 41 Royale были заменены шасси (по другой версии, прежнее шасси отреставрировали и оно было сохранено в машине), а также двигатель (у него уменьшился литраж до 12 763 куб. см, подобный мотор стал штатным и для других Bugatti Royale) и кузов. Табличка с номером 41100 была сохранена.

Этот кузов, разработанный Жаном Бугатти, был изготовлен в 1930 году на заводе в Мольсхайме и получил название Coupe Napoleon. До начала Второй мировой войны он служил личным автомобилем Этторе Бугатти. В 1958 году его приобрел «король шерсти» Фриц Шлюмпф из Эльзаса.

Первый экземпляр преемника знаменитой «Жестяной Лиззи», растиражированной в количестве более чем 15 миллионов штук, был собран 21 октября 1927 г. на новом гигантском заводе River Rouge в Детройте.

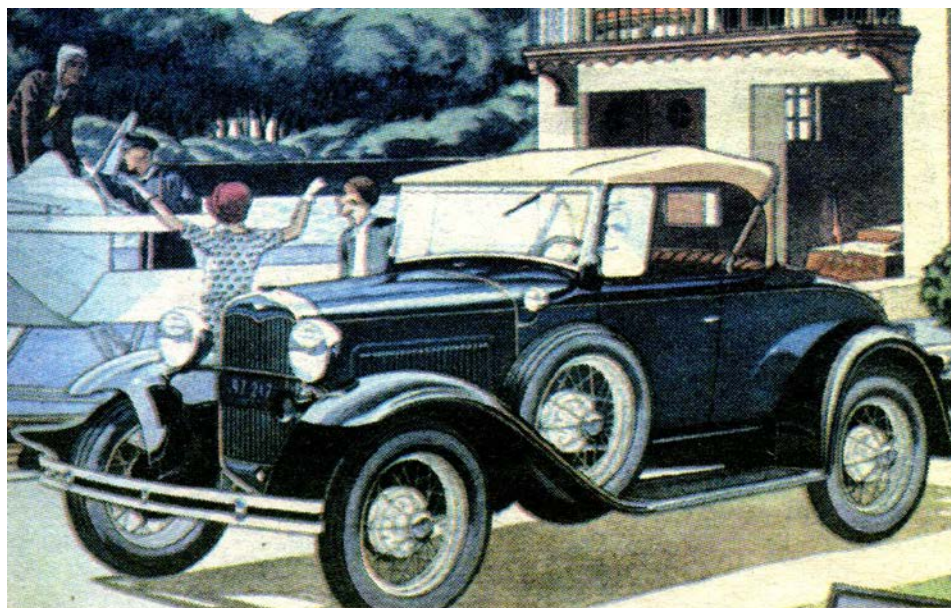


Рис. П.4.5. Ford A

Двигатель в 42 л.с. позволял новому автомобилю разгоняться до 100 км/ч вместо 70 км/ч у предшественника. Конструкция мотора была более современной: он имел водяной насос, систему смазки под давлением и разбрызгиванием (у Ford T только разбрызгиванием), алюминиевые поршни (у Ford T – чугунные), систему зажигания с прерывателем-распределителем вместо магнето. Архаичной осталась лишь система питания, в которой бензин попадал в карбюратор, как и у предыдущей модели, самотеком из бака (только бак переместился из-под переднего сиденья за моторный щит).

Когда было собрано уже полтысячи автомобилей, решили отметить день рождения нового «Форда». Он был показан 2 декабря 1927 года в трех американских городах одновременно: Нью-Йорке, Канзас-Сити и Сент-Поле.

До начала презентации на новый Ford поступило полмиллиона заявок, удовлетворить которые не могла в ближайшие месяцы даже такая гигантская компания, как Ford Motor Company. Пришлось даже остановить прием заявок вплоть до мая 1928 года. Все эти невероятные события происходили на фоне величайшего экономического кризиса экономики США.

Ford A в отличие от выпускавшегося в течение 19 лет Ford T простоял на конвейере всего чуть более четырех лет. В марте 1932 года последний автомобиль этой модели покинул завод River Rouge. Было выпущено более трех с половиной миллионов Ford A.

На смену Ford A пришел Ford V8 со столь любимой Генри Фордом V-образной «восьмеркой» (3,6 л/65 л. с.), а рядная «четверка» исчезла из производственной программы Ford Motor Company почти на сорок лет.

Появившийся в продаже в ноябре 1935 Opel P-4 – самый дешевый немецкий автомобиль (в начале производства его стандартный вариант стоил 1650 рейхсмарок, позже – 1450 RM) – неофициально стали называть «народным». При столь низкой цене Opel P-4 не был примитивным автомобилем, он отличался современным дизайном кузова, оснащался 1,1-литровым 23-сильным двигателем, имел хорошие ходовые качества.

Выпускался Opel P-4 с кузовами: 2-дверный седан с матерчатый верхом, специальный 2-дверный седан (Spezial-Limousine), который внешне легко отличить по наличию хромированных бамперов, и кабриолет.

Всего было выпущено 65 864 экземпляра Opel P-4.



Рис. П.4.6. Opel P-4 Spezial-Limousine (Германия)

Общие данные: годы выпуска – 1935–1937; число мест – 4; снаряженная масса – 755 кг; полная масса – 1150 кг; максимальная скорость – 85 км/ч; средний расход топлива – 8,5–9,0 л/100 км; запас топлива – 25 л.

Конструкция: лонжеронная рама с 7 поперечинами, цельнометаллический кузов, классическая компоновка. Размеры, мм: длина – 3340; ширина – 1425; высота – 1640; база – 2286; колея спереди/сзади – 1118/1168.

Двигатель: карбюраторный (карбюратор Opel с падающим потоком, с ускорительным насосом), рядный 4-цилиндровый, нижнеклапанный, привод распределителя цилиндрическими шестернями, головка и блок цилиндров – чугунные, система охлаждения – термосифонная (с 1936 г. с принудительной циркуляцией охлаждающей жидкости – появился водяной насос и вентилятор); рабочий объем – 1073 куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 67,5×75,0 мм; мощность – 23 л.с. при 3400 об/мин; максимальный крутящий момент – 6,1 кгс·м при 2000 об/мин.

Трансмиссия: привод на задние колеса, сцепление – однодисковое сухое; коробка передач – механическая 3-ступенчатая (на модели Spezial-Limousine – 4-ступенчатая), рычаг КПП – на полу; шестерни дифференциала со спиральными зубьями.

Подвеска: передняя и задняя – зависимые, на полуэллиптических листовых рессорах, с гидравлическими амортизаторами, передняя ось – двутавровая кованая балка.

Тормоза: с тросовым приводом всех колес, спереди и сзади; – барабанные; стояночный тормоз на задние колеса, привод тросовый.

Рулевой механизм: червяк–сектор.

Размер шин: 4,25-17.

Стоимость: 1650 – 1880 рейхсмарок (зимой 1936-37 годов – 1450 RM).



Рис. П.4.7. Испано-Сюиза (Hispano-Suiza):
двигатель с рабочим объемом 12,5 л, рядный восьмицилиндровый верхнеклапанный 360 л.с.;
максимальная скорость 170 км/ч, 1935 г., Франция

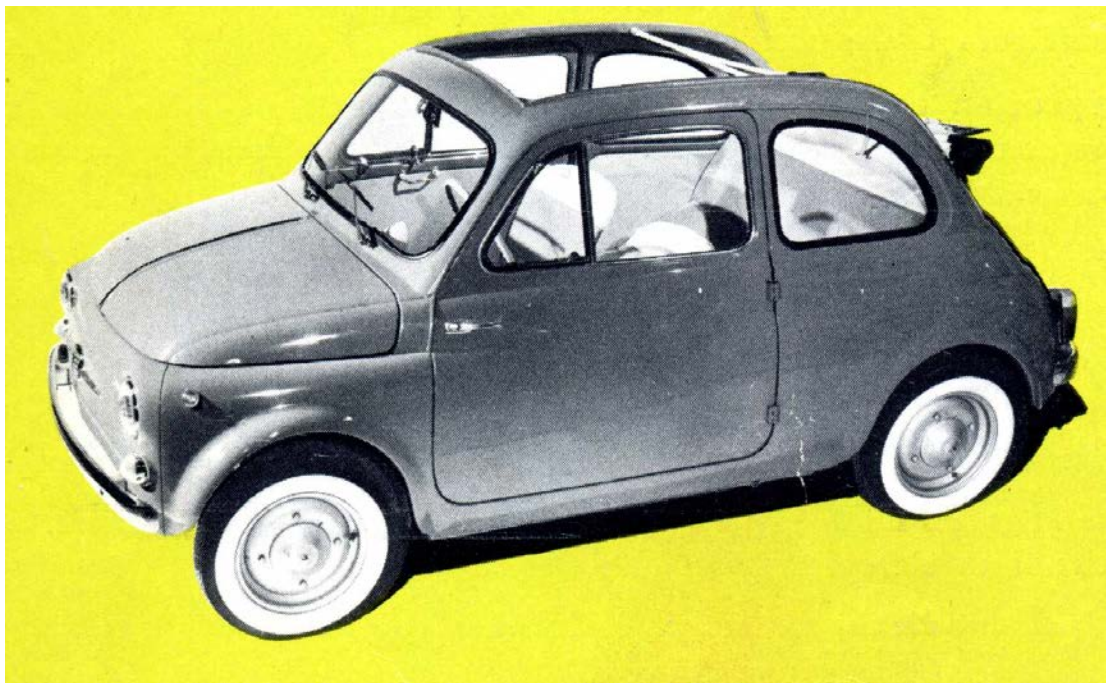


Рис. П.4.8. Фиат-500:
2 места; 16,5 л.с.; максимальная скорость 95 км/ч; двигатель двухцилиндровый,
расположен сзади, 1958 г.

В 1945 году расположенный в городе Айзенах (Eisenach) завод BMW, выпускавший до войны легковые автомобили, попал в зону американской оккупации, а затем был передан в советскую. На базе национализированного предприятия было создано акционерное общество Awtovelo, которое продолжило выпуск довоенных моделей, сохранив их название и эмблему. В 1952 г. предприятие сменило свое название на Eisenacher Motoren-Werke (по аналогии с BMW – «Айзенахский моторный завод»), а также эмблему и продолжило выпуск слегка измененных BMW под новой маркой EMW.

Четырехдверный седан Awtovelo BMW-340-2 был впервые показан на автосалоне в Брюсселе и на Лейпцигской ярмарке весной 1949 года, его производство началось в октябре того же года (в этом месяце была образована ГДР). От довоенного BMW-326 он унаследовал всю механическую часть (в том числе надежную рядную «шестерку») и внешне отличался лишь формой облицовки радиатора и отсутствием дефлекторов на боковинах капота.



**Рис. П.4.9. BMW-340-2
(ГДР)**

Седан BMW-340-2 в основном шел на экспорт в Советский Союз, а в ГДР использовался как служебный автомобиль и такси (в последнем качестве эти автомобили эксплуатировались вплоть до середины шестидесятых годов). С 1951 года начался выпуск универсала BMW-340-7, санитарной машины BMW-340-4 и фургона BMW-340-3 с грузоподъемностью 500 кг.

Всего на предприятии Awtovelo было выпущено 21 249 штук BMW-340 (1949-1951) и EMW-340 (1952-1955).

Общие данные: кузов – четырехдверный, цельнометаллический, на раме; число мест – 5; снаряженная масса – 1280 кг; максимальная скорость – 120 км/ч; средний расход топлива – 13,0 л/100 км; запас топлива – 65 л. Длина – 4600 мм, ширина – 1765 мм, высота – 1630 мм, колесная база – 3870 мм, колея – 1300/1400 мм. Радиус поворота – 6,0 м.

Двигатель: 6-цилиндровый, рядный; рабочий объем – 1971 куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 66×96 мм; степень сжатия – 6,1; мощность – 55 л.с. при 3750 об/мин; макс, крутящий момент – 11,2 кгс·м при 2500 об/мин.

Система газораспределения: верхнее расположение клапанов, боковой распредвал с приводом двухрядной цепью.

Система питания: 2 карбюратора Solex 32 PVI или BVF F 323-1. Электрооборудование – 6-вольтовое.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; коробка передач – механическая 4-ступенчатая (II, III и IV передачи синхронизированы).

Рулевой механизм: реечный.

Тормоза: барабанные (диаметр – 280 мм), с гидравлическим приводом.

Шины: 5,50-16 или 5,75-16.

Этот двухдверный двухместный седан с длинным капотом и компактным салоном явился дальнейшей модернизацией популярного до войны в Италии Fiat-500 Topolino («Мышонок»).

От предыдущей модели – Fiat-500B 1948 года выпуска – был заимствован четырехцилиндровый рядный 569-кубовый 16,5-сильный двигатель с верхним



расположением клапанов. Его система охлаждения осталась архаичной – термосифонной, без насоса (у выпускаемого в Германии аналога был водяной насос).

На базе Fiat-500C выпускались похожие на универсалы двухдверные четырехместные варианты Giar-diniera и Belvedere (немецкий аналог Belvedere носил название Kombi).

Рис. П.4.10. Fiat-500C

Всего с 1949 по 1955 год в Италии было выпущено 376 368 экземпляров Fiat-500C (в Германии – NSU-Fiat 500C с 1952 по 1955 год – 9064 штуки).

Общие данные: годы выпуска – 1949–1955; кузов – двухдверный, цельнометаллический, на раме; число мест – 2; снаряженная масса – 610 кг; максимальная скорость – 95 км/ч; разгон до 80 км/ч – 36 с; средний расход топлива – 5,0 л/100 км; запас топлива – 21,5 л. Длина – 3245 мм, ширина – 1288 мм, высота – 1375 мм, колесная база – 2000 мм, колея – 1116/1083 мм. Радиус поворота – 4,35 м.

Двигатель: 4-цилиндровый, рядный; расположение – спереди продольно; рабочий объем – 569 куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 52×67 мм; степень сжатия – 6,45; мощность – 16,5 л. с. при 4400 об/мин. Система газораспределения: боковой распредвал с цепным приводом, верхнее расположение клапанов. Система питания: карбюратор Weber 22 DRS или Solex 22 IAC 4. Электрооборудование – 12-вольтовое.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; сцепление – однодисковое сухое; коробка передач – механическая 4-ступенчатая, с синхронизированными III и IV передачами.

Подвеска: передняя – независимая, на нижних поперечных рычагах и верхней поперечной рессоре; задняя – неразрезной мост на полуэллиптических рессорах.

Рулевой механизм: червяк–сектор.

Тормоза: барабанные (диаметр – 170 мм), с гидравлическим приводом.

Шины: 4,25-15.

По окончании Второй мировой войны выпуском седана модели «501» автомобилестроительная компания BMW пыталась возобновить производство автомобилей. Однако конструкция и двигатель этой машины оставались довоенными, а такой немаловажный фактор, как уничтоженное в ходе военных действий оборудование, не позволял фирме создавать новые модификации вплоть до конца 50-х годов.



Рис. П.4.11. BMW 700 (ФРГР)

Лишь в 1959 году при помощи модели BMW 700, имевшей длину 3,5 метра и двухцилиндровый двигатель с воздушным охлаждением объемом 697 куб. см и мощностью 32 л.с. при 5000 об/мин, концерну удалось преодолеть внутренний кризис и создать основу для дальнейшего успеха марки в целом. Автомобиль был доступен в двух вариантах – седан и купе. Имея снаряженную массу 640 кг, он мог развивать скорость до 125 км/ч. При этом BMW 700, сочетавший в себе разумное соотношение мощности и экономичности, мог проехать 14 километров на одном литре бензина (расход топлива в расчете на 100 километров пути – чуть больше 7 л). Невысокая цена позволила обеспечить продажи машин на уровне около 30 тысяч в год.

В 1960 году появилось редкое спортивное купе «700 RS» с двигателем, имевшим увеличенную до 40 л.с. мощность. Было произведено в общей сложности 19 экземпляров BMW 700 RS, оснащавшихся двумя карбюраторами и способных разогнаться до 135 км/ч. Именно купе BMW 700 RS дало компании возможность сформировать свой спортивный имидж – «семисотые» не раз побеждали в гонках.

В 1962 году компания предложила рынку седан «700 LS» класса люкс, а также кабриолет, а еще двумя годами позже появилось купе «LS». Выпуск семейства BMW 700 продолжался до 1965 года, а общее количество произведенных автомобилей составило 188 121 экземпляр. Следует заметить, что объемы продаж, достигнутые BMW благодаря выпуску «700-го» семейства, помогли компании увеличить свой финансовый резерв, реинвестированный в последующие модели – например, седан BMW 1500, открывший новый класс спортивно-компактных автомобилей.

Спортивный родстер английской фирмы MG серии TD появился в ноябре 1949 года. Он заменил модель TC, выпускавшуюся с сентября 1945 года, и сохранил консервативные черты, присущие первенцу серии Midget – модели TA 1937 года. Этот двухместный открытый автомобиль изначально предназначался для экспорта, в первую очередь в США. Передняя подвеска стала независимой и лишилась архаичных листовых рессор. А вот рядный четырехцилиндровый двигатель, ведущий свою родословную от силового агрегата XPAG, появившегося под капотом MG TB еще в 1939 году, остался без изменений



**Рис. П.4.12. MG TD Midget
(Великобритания)**

хранил консервативные черты, присущие первенцу серии Midget – модели TA 1937 года. Этот двухместный открытый автомобиль изначально предназначался для экспорта, в первую очередь в США. Передняя подвеска стала независимой и лишилась архаичных листовых рессор. А вот рядный четырехцилиндровый двигатель, ведущий свою родословную от силового агрегата XPAG, появившегося под капотом MG TB еще в 1939 году, остался без изменений

(он продержался на моделях фирмы вплоть до 1955 года).

Среди особенностей автомобиля – световой индикатор на приборной панели, оповещающий о превышении 48 км/ч, скоростного лимита тех лет в английских городах.

С помощью MG TB, самого продаваемого родстера серии Midget, фирма из Абингдона утроила производство своих автомобилей и в 1950 году впервые в своей истории смогла превысить отметку выпуска в 10 тысяч экземпляров.

Всего с 1949 по 1952 год было собрано около 30 тысяч экземпляров MG TD.

Общие данные: годы выпуска – 1949–1952; кузов – стальной, на раме из коробчатых элементов; число мест – 2; максимальная скорость – 110 км/ч (190 км/ч – у гоночных вариантов, предназначенных для 24-часовых гонок в Ле-Мане). Колесная база – 388 мм. Расход топлива – около 10 л/100 км.

Двигатель: MG, 4-цилиндровый, рядный; расположение – спереди продольно; рабочий объем – 1250 куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 66,5×90,0 мм; степень сжатия – 7,5; мощность – 54 л. с. при 5200 об/мин. Система газораспределения: верхнее расположение клапанов. Система питания: 2 карбюратора SU.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; сцепление – однодисковое сухое; коробка передач – механическая 4-ступенчатая (II, III и IV передачи синхронизированы).

Подвеска: передняя – независимая, на треугольных рычагах, пружинная; задняя – зависимая, рессорная, рычажные амортизаторы.

Тормоза: барабанные, с гидравлическим приводом.

Шины: 4,50-19.

Спорткар BMW 507 – родстер (который с установкой жесткого верха мог превращаться в купе), вызвавший в 1955 году подлинный фурор на мотор-шоу в Нью-Йорке и на автосалоне во Франкфурте, навечно вошел в историю западногерманского концерна BMW и всего мирового автомобилестроения. Однако, будучи выпущенным за три года производства в количестве всего 252 экземпляров, он почти не имел рыночного успеха.



Рис. П.4.13. BMW 507 (ФРГР)

Создателем «507-й» модели стал молодой дизайнер Альбрехт Гертц, переехавший в 1936 году из Германии в США, но с энтузиазмом откликнувшийся на предложение BMW создать стильный и мощный родстер, который пользовался бы успехом за океаном, даже несмотря на высокую цену. Кузов BMW 507 и основные элементы двигателя – V-образной «восьмерки», имевшей объем 3,2 литра и мощность 130 л.с. (позже серийные машины оснащали 140-, 150- и 165-сильными двигателями), – были изготовлены из алюминиевых сплавов. Силовой агрегат получил весьма совершенную и сложную для 1955 года систему газораспределения.

В результате мер по облегчению машины ее вес составил всего 900 килограммов. Максимальная скорость спорткара достигала 195–220 км/ч. Даже с наименее мощным силовым агрегатом он разгонялся с места до 100 км/ч за 11 секунд. С учетом таких скоростных и динамических характеристик конструкторы BMW первыми в практике немецкого автопрома оборудовали «507-ю» модель дисковыми тормозами передних колес.

Проводя кампанию по «раскрутке» BMW 507, рекламщики фирмы напирали на образ «красивой жизни». На плакатах рядом с автомобилем красовался элегантный джентльмен в белом смокинге, галантно усаживающий в родстер стройную модно одетую даму. Интересно, что одним из первых покупателей BMW 507 стал Элвис Пресли, а в числе поклонников данной модели фигурировали и такие знаменитости, как, например, Ален Делон. Это и сегодня один из самых редких и дорогих коллекционных автомобилей: по состоянию на 2002 год его стоимость составляла около 220 тыс. евро.

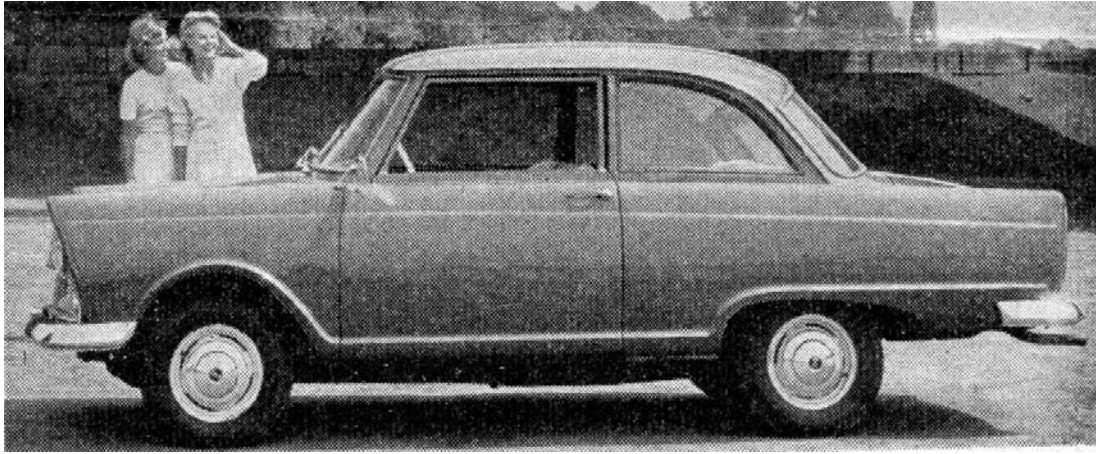


Рис. П.2.14. DKW «Junior», ФРГ (1960...1975 гг.)
двухтактный 3-цилиндровый двигатель

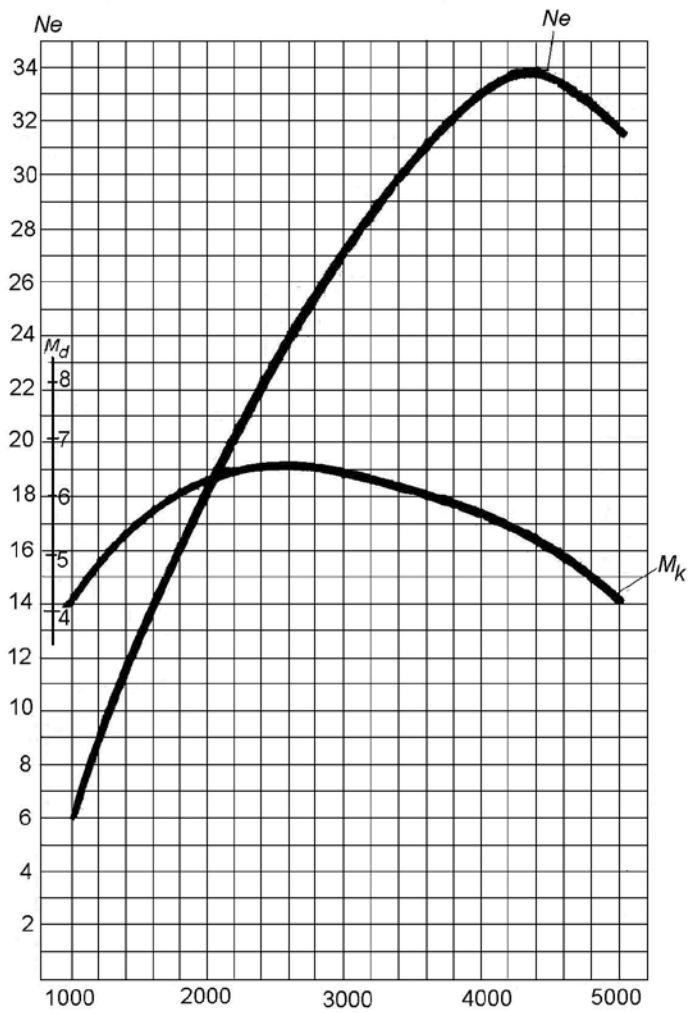


Рис. П.4.15. Внешняя скоростная характеристика двигателя DKW «Junior»

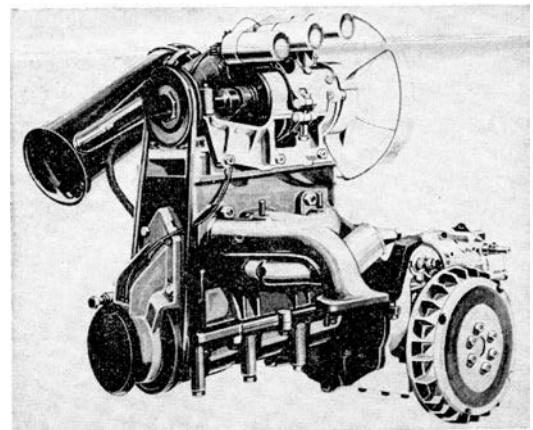


Рис. П.4.16. Двухтактный 3-цилиндровый двигатель DKW-Юниор

В начале пятидесятых годов XX века конкуренты стали предлагать англичанам более современные спортивные машины, и руководству MG стало ясно, что продолжать эксплуатировать наработанную схему – бесконечно модернизировать довоенную модель серии TA Midget 1937 года – уже нельзя. Поэтому, выпустив в 1953 году переходную модель TF с чуть более обтекаемым кузовом, все силы компания бросила на разработку новой модели. И уже к 1955 году были готовы ее прототипы.

В качестве названия новый MG получил первую букву алфавита, что отождествляло собой отсчет новой эры в летописи английской фирмы, и MGA полностью оправдал возлагавшиеся на него надежды.

Только за первый год производства было продано 13 тысяч MGA, что по меркам фирмы было просто оглушительным успехом. Благодаря MGA, впервые в истории элитная продукция компании из Абингдона стала массовой. За неполные семь лет производства тираж MGA превысил отметку в 100 тысяч экземпляров.

По традиции фирмы и этот автомобиль участвовал в бесчисленных гонках и ралли, а его узлы и агрегаты использовались при постройке рекордных сверхобтекаемых болидов.

Поначалу покупатели, прельстившись новыми формами кузова автомобиля, прощали ему слабую динамику, но вскоре некоторый спад продаж явно указал на этот промах. Руководством компании были срочно приняты меры, и в 1958 году появилась модификация MGA Twin Cam с четырехцилиндровым 1,6-литровым 108-сильным мотором с двумя верхними распределительными валами. Этот родстер мог разогнаться уже до 180 км/ч, а его гоночные версии достигали в 24-часовых гонках в Ле-Мане скорости 227 км/ч.

В следующем году появилась компромиссная версия «1600», получившая 78-сильный двигатель с блоком цилиндров Twin Cam, но с одновальной головкой блока. Скорость была оптимальной – 166 км/ч, но в отличие от MGA Twin Cam дисковыми тормозами оснащались не все, а только передние колеса этой модификации.

Выпускавшийся с 1955 по 1962 год MGA разделил судьбу многих английских родстеров. Подавляющее большинство их было отправлено за океан: из сотысячного выпуска – 81 000!

Выпущенный в 1973 г. MGB с мощной V-образной «восьмеркой» так и был назван – MGB V8, но ему не повезло из-за разразившегося энергетического кризиса.



Рис. П.4.17. MG (Англия)



Рис. П.4.18. Fiat-600



Рис. П.4.19. Fiat-600D (Италия)

Компактный заднемоторный автомобиль Fiat-600 дебютировал на Женевском автосалоне 1955 года. При длине всего в 3,2 метра он вмещал четырех человек и был доступен по цене широким слоям населения. «Шестисотый» быстро стал популярным не только в Италии, но и за ее пределами. Его сборка была налажена в июне 1956 года в Германии фирмой NSU/FIAT (под именем Jagst), он выпускался в Испании (Seat-600D), в Югославии (Zastava-750), в Аргентине (Fiat-Concord-600).

Удачная модель Fiat послужила и прообразом нашего «горбатого» ЗАЗ-965, который начал сходиться с конвейера завода «Коммунар» в 1960 году.

Лишь задняя часть у советской машины претерпела изменения, да охлаждение двигателя сделали воздушным.

Внешне самую раннюю модель Fiat-600 легко отличить по хорошо заметным указателям поворотов на передних крыльях и сдвижным дверным стеклам (в марте 1957 года появились опускающиеся стекла). Двери у первых моделей открывались против движения.

Выпускавшаяся с 1960 по 1969 год модификация Fiat-600D получила другое оформление передка и молдинг, идущий от повторителя указателя поворотов на переднем крыле почти через всю дверь. Автомобиль получил более мощный, 23-сильный двигатель, рулевой механизм был заменен червячно-роликовым. В 1965 году у Fiat-600D появились двери, открывающиеся в привычную современным автомобилистам сторону, форточки в дверных стеклах, исчезли молдинг и эмблема на крышке багажника.

В 1956 году на базе Fiat-600 был создан прообраз современных минивэнов – однообъемный 6-местный (сиденья в три ряда) Fiat Multipla.

Всего в Италии с 1955 по 1969 год было выпущено 2 612 000 модификаций Fiat-600 (включая Multipla), по лицензии – 1 422 000 штук.

Общие данные (в скобках данные для Fiat-600D): годы выпуска – 1955–1969; число мест – 4; снаряженная масса – 585 (615) кг; полная масса – 895 (925, с 1969 года – 935) кг; максимальная скорость – 103 (108) км/ч; средний расход топлива – 5,7 (5,8) л/100 км; запас топлива 27 л (с 1965 г. – 31 л).

Конструкция: цельнометаллический кузов, заднемоторная компоновка. Размеры, мм: длина – 3215 (3295); ширина – 1378; высота – 1405; база – 2000; колея спереди/сзади – 1150/1160.

Двигатель: тип 100.000 (100 D.000), карбюраторный, рядный 4-цилиндровый, с 3-опорным коленвалом, с цепным приводом расположенного в блоке цилиндров распредвала, с жидкостным охлаждением (объем системы – 4,3 л); рабочий объем – 633 (767) куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 60×56 (62,0×63,5) мм; степень сжатия – 7,5; мощность – 19 (23) л. с. при 4600 (4500) об/мин.; максимальный крутящий момент – 4,0 (4,6) кгс·м при 3000 (2400) об/мин.

Трансмиссия: привод на задние колеса, сцепление – однодисковое сухое; коробка передач – механическая 4-ступенчатая: I – 3,384; II – 2,055; III – 1,333; IV – 0,896; III и IV передачи синхронизированы; главная передача – 4,816 (4,87).

Подвеска: передняя – независимая, с поперечными рычагами вверху и поперечными листовыми рессорами внизу; задняя – на продольных рычагах и винтовых пружинах.

Тормоза: спереди и сзади – барабанные, с гидравлическим приводом, без вакуумного усилителя.

Рулевой механизм: червяк–сектор (червяк–ролик).

Размер шин: 5,20-12.

В 1961 году на смену заднемоторному послевоенному «народному» автомобилю Renault-4 CV приходит созданный с чистого листа переднеприводный Renault-4.



Рис. П.4.20. Renault-4 (Франция)

Испытатели отмечали у Renault-4 комфортную подвеску, хорошее держание дороги, четкое рулевое управление, отличную систему вентиляции.

Кроме обычных «четверок» выпускались варианты Parisienne

(с более мощным 30-сильным двигателем, с налоговой мощностью 5 CV), люксовый Export, пляжный вариант с открытым верхом Renault-4 Plein Air – модификация, у которой крышу можно было превратить в солярий, установив сиденья на ней, а также полноприводный Renault-4 Sinpar и автомобиль для жандармерии с синим цветом кузова.

С 1961 по 1992 год самых массовых автомобилей Renault выпущено 8 126 200 штук.

Общие данные для Renault-4 конца 60-х годов (в скобках данные для модели Parisienne): годы выпуска – 1961–1992; число мест – 4–5; снаряженная масса – 620 (650) кг (на переднюю ось – 55%, на заднюю – 45%); максимальная скорость – 110 (114,9) км/ч; средний расход топлива – (6,3) л/100 км; запас топлива – 26 л; аккумулятор 6 В, 70 А·ч.

Конструкция: цельнометаллический кузов. Размеры, мм: длина – 3670 (3727); ширина – 1485; высота – 1550 (1532); база – 2400/2440.

Двигатель: карбюраторный, рядный 4-цилиндровый, верхнеклапанный, с распределением в блоке с цепным приводом; расположен спереди; рабочий объем – 747 (845) куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 54,5 (58,0)×80,0 мм; степень сжатия – 8,5 (8,0); мощность – 30 л.с. при 4700 об/мин; максимальный крутящий момент – 5,1 (5,9) кгс·м при 2600 (2300) об/мин.

Трансмиссия: привод на передние колеса, сцепление – однодисковое сухое; коробка передач – механическая 4-ступенчатая: I – 3,8; II – 2,059; III – 1,364; IV – 1,036; з.х. – 3,8; I–IV передачи синхронизированы (до 1967 года – 3-ступенчатая); рычаг КПП на рулевой колонке; главная передача – 4,125.

Подвеска: передняя – независимая на треугольных рычагах и продольных торсионах, стабилизатор поперечной устойчивости; задняя – независимая, на продольных рычагах и поперечных торсионах.

Тормоза: спереди и сзади – барабанные, без вакуумного усилителя; стояночный тормоз на передние колеса.

Рулевое управление реечное.

Размер шин: 135×330.

Идея создания Chevrolet Corvette, который впоследствии будет назван «первым», «настоящим», «чистокровным» спортивным автомобилем Америки, появилась в сентябре 1951 года. Приказ о постройке прототипа был отдан 2 июня 1952 года, его показ состоялся в январе 1953 года в Нью-Йорке, на автосалоне Motorama, а всего через полгода, 30 июня, этот автомобиль с экзотическим для серийного автомобилестроения начала пятидесятых годов прошлого века стеклопластиковым кузовом с прикрытыми защитными сетками фарами и задними фонарями, похожими на боеголовки ракет, был запущен в серию.



Рис. П.4.21. Chevrolet Corvette C1 (США)

Первые родстеры были собраны вручную в 1953 году. Но собранные в Сент-

Луисе автомобили перестали продаваться (в конце 1954 года из собранных 3640 родстеров более 1100 штук так и остались непроданными).

Сказались высокая цена родстера, отсутствие выбора цвета кузова, мягкой крыши и салона (они были соответственно белого, черного и красного цветов), а также гидроусилителя руля и вакуумного усилителя тормозов, наличие только одного двигателя – рядной «шестерки» с довольно заурядными для спортивного автомобиля характеристиками (V-образная «восьмерка» появится лишь в 1955 году). Опций было всего две: радиоприемник и отопитель.

В 1954 году были предприняты срочные антикризисные меры: повышена мощность мотора со 150 до 155 л.с. и максимально расширена цветовая палитра. Впоследствии Chevrolet Corvette первого поколения (заводской индекс C1) был оценен по достоинству и, превратившись в культовый автомобиль, стал вожаделенной мечтой коллекционеров. Сегодня в Западной Европе средняя цена этого родстера в хорошем состоянии – около 40 тысяч евро.

Общие данные (для автомобиля 1954 г. выпуска): кузов – родстер; число мест – 2; снаряженная масса – 1288–1292 кг; максимальная скорость – 172 км/ч. Длина – 4,25 м, ширина – 1,77 м, высота – 1,31 м, колесная база – 2,59 м.

Двигатель: шестицилиндровый, рядный, карбюраторный; рабочий объем – 3859 куб. см; мощность – 155 л. с. при 4200 об/мин; максимальный крутящий момент – 31 кгс·м при 2400 об/мин.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; коробка передач – 2-ступенчатая, автоматическая (разовая комплектация в 1954 г., заказная – в 1955 г.).

Тормоза: барабанные.

Шины: 6,70-15.

Проект первого послевоенного родстера Jaguar мог так и остаться на бумаге, если бы его создатель Вильям Лайонс, основатель компании Jaguar, не сумел убедить британское правительство в большом экспортном потенциале своей будущей спортивной модели и получить квоту на лимитированную сталь.

Успешная презентация Jaguar XK 120 состоялась на Лондонском автосалоне в октябре 1948 года



Рис. П.4.22. Jaguar XK 120 Roadster (1950, Великобритания)

в октябре 1948 года (цифра «120» обозначала 120 миль в час – 193 км/ч, скоростной рубеж, на который рассчитывали его создатели).

Поначалу была налажена сборка родстеров с алюминиевым кузовом, который устанавливался на деревянный каркас, но в 1950 году были подготовлены штампы для стального кузова, и Jaguar XK 120 начал собираться на конвейере.

Новый открытый «Ягуар» был самым быст-

рым серийным автомобилем планеты с безнаддувным двигателем в конце сороковых годов двадцатого века. Такой имидж вместе с оригинальным дизайном кузова, шестимесячной заводской гарантией и наличием пунктов сбыта в половине стран мира способствовал успешным продажам: в первые годы до 80%, а позже не менее половины тиража Jaguar XK 120 экспортировалось в более чем пятьдесят стран мира. Именно «сто двадцатая» модель сделала молодую английскую марку известной во всем мире.

Всего с октября 1948-го по сентябрь 1954 года было выпущено 7612 экземпляров Jaguar XK 120 (из них 6437 штук с левым рулем и 1175 с правым). Сегодня средняя стоимость родстера Jaguar XK 120 с алюминиевым кузовом (их было выпущено 244 экземпляра) в Европе составляет 107 тысяч евро, со стальным – 55 тысяч евро.

Общие данные: кузов – родстер; число мест – 2; снаряженная масса (с алюминиевым/стальным кузовом) – 1295/1320 кг; максимальная скорость – 203 км/ч. Длина – 4,42 м, ширина – 1,56 м, высота – 1,32 м, колесная база – 2,59 м. Емкость топливного бака – 68 л (109 – по заказу).

Двигатель: шестицилиндровый, рядный, карбюраторный (2 горизонтальных S. U. H6); расположение – спереди, продольно; рабочий объем – 3442 куб. см; мощность – 166 л.с. при 5200 об/мин; максимальный крутящий момент – 27 кгс·м при 2500 об/мин.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; коробка передач – механическая.

Тормоза: барабанные.

Шины: 6,00-16.

Премьера спортивной Honda S800 состоялась осенью 1966 года на Парижском автосалоне.

Honda S800 отличалась оригинальным дизайном кузова, комфортабельным салоном, хорошей динамикой (под капотом 740-килограммовой машины был высокооборотистый легкосплавный мотор с двумя распредвалами), наличием редких в ту пору дисковых тормозов, отличным качеством сборки – и все это при довольно приемлемой цене.



Рис. П.4.23. Honda S800 Roadster (Япония)

В отличие от переднеприводной Honda N360, показанной в 1966 году на Токийском автосалоне, у «восьмисотой» была классическая компоновка – переднее расположение двигателя и задние ведущие колеса.

Вскоре после начала выпуска, в октябре 1967 года, Honda S800 была модернизирована: у нее изменилась форма головной оптики, улучшилась конструкция переключателя света фар, появилась двухконтурная тормозная система (тормоза фирмы Dunlop уступили место продукции Girling).

В 1968 году был налажен выпуск мелкосерийного гоночного безбамперного варианта S800 Racing (103 л.с., 185 км/ч) с колесами из магниевового сплава и съемной жесткой крышей.

За короткий период выпуска Honda S800 (она была снята с производства весной 1970 г.) всех ее модификаций – купе и родстеров – было выпущено 25 849 штук. Сегодня в Западной Европе средняя цена открытой версии S800 в хорошем состоянии – 12 500 евро.

Общие данные: кузов – родстер; число мест – 2; собственная масса – 740 кг; максимальная скорость – 155,4–160 км/ч. Длина – 3,34 м, ширина – 1,40 м, высота – 1,22 м; колесная база – 2,00 м, колея – 1,15/1,13 м. Емкость топливного бака – 35 л.

Двигатель: четырехцилиндровый, рядный, карбюраторный (4 горизонтальных Keihin), с жидкостным охлаждением; расположение – спереди, продольно; рабочий объем – 791 куб. см; диаметр цилиндра и ход поршня – 60×70 мм; мощность – 78 л.с. при 8000 об/мин; максимальный крутящий момент – 6,7 кгс·м при 6000 об/мин.

Трансмиссия: привод – на задние колеса; коробка передач – механическая, 4-ступенчатая (по заказу – 5-ступенчатая).

Подвеска: передняя – независимая, пружинная; задняя – неразрезной мост на продольных рычагах.

Тормоза: передние – дисковые, задние – барабанные.

Рулевой механизм: реечный.

Шины: 6,15-13.

Ferrari 612 Scaglietti / Феррари 612 Скаглиетти

Появившееся на свет в середине прошлого века купе Ferrari 375MM осталось в памяти, как одно из самых удачных творений Энцо Феррари.

Пятиметровый кузов Ferrari 612 Scaglietti – так же, как и у 375MM – сделан из алюминия.

Отмечая в 2007 г. 60-летний юбилей, фирма Ferrari подготовила ограниченную партию в 60 экземпляров эксклюзивной модели 612 Scaglietti-Sessanta.



Рис. П.4.24. Ferrari-612

Эти автомобили красят только в два цвета – черный или серый. Внешне новинку можно отличить также по новым 19-дюймовым легкосплавным колесам, внушительным тормозным суппортам черного цвета, хромированным патрубкам глушителей и оригинальной запоминающейся фальшрадиаторной решетке.

К прочим изыскам относится электрохромная стеклянная крыша, прозрачность которой можно регулировать, сиденья из коричневой кожи и мультимедийная система Bose. В комплектацию добавлена видеокамера заднего обзора, значительно облегчающая парковку. Благодаря 540-сильному 12-цилиндровому двигателю с рабочим объемом 5,7 л, суперкар разгоняется с места до 100 км/ч за 4,2 с, его максимальная скорость ограничена 315 км/ч.

Технические характеристики Феррари-612 (2004 г.)

Длина	4902 мм
Ширина	1957 мм
Высота	1344 мм
Колесная база	2950 мм
Колеея передняя/задняя	1688/1641 мм
Снаряженная масса	1840 кг
Объем топливного бака	108 л
Привод	На задние колеса
Двигатель	V12
Диаметр цилиндра/ход поршня	89/77 мм
Объем	5748 куб. см
Степень сжатия	11,2:1
Максимальная мощность	540 л.с. (при 7250 об/мин)
Максимальный крутящий момент	588 Н·м (при 5250 об/мин)
Максимальная скорость	320 км/ч
Разгон от 0 до 100 км/ч	4,2 с
Расход топлива в комбинированном цикле	20,7 л/100 км
Шины спереди/сзади	245/45 ZR18/285/40 ZR19

Чистый «лист» – у него нет выхлопной трубы. И ДВС тоже нет. Зато имеются литий-ионные батареи и электромотор, от которых окружающей среде – никакого вреда, кроме пользы. Автомобиль называется Leaf – лист, а листва, как известно, очищает воздух.

Разработанный Nissan среднеразмерный пятиместный хэтчбек претендует на лавры первого в мире серийного электромобиля с нулевым уровнем выбросов. Цены на него объявят в конце 2010 г. – ближе к старту продаж, однако компания ожидает, что они «будут сравнимы с ценами на топовые версии автомобилей С-класса». Кроме того, более простая по сравнению с обычными машинами механическая часть конструкции должна привести к значительной экономии в ремонте и эксплуатации.



Рис. П.4.25. Nissan Leaf

Не видя машины, можно подумать, что она совершенно не похожа на привычные нам транспортные средства. Но это не так. Дизайнеры, создававшие Nissan Leaf, стремились к тому, чтобы сделать «полноценный электромобиль, ни в чем не уступающий традиционному автомобилю с бензиновым двигателем». Leaf построен на абсолютно новой платформе и получил новый кузов, обеспечивающий комфорт для пассажиров и достаточное место для перевозки багажа. Внешне его трудно отличит от хэтчбека.

Технические характеристики

Длина	4445 мм
Ширина	1770 мм
Высота	1550 мм
Колесная база	2700 мм
Двигатель	Мотор переменного тока
Максимальная мощность	80 кВт
Максимальный крутящий момент	280 Н·м
Аккумуляторная батарея	Ламинированная литий-ионная
Мощность	Более 90 кВт
Удельная энергия	140 Вт·ч/кг
Удельная мощность	2,5 кВт/кг
Количество модулей	48
Расположение батареи	Под сиденьями и полом
Запас хода на одной зарядке	160 км
Максимальная скорость	Более 140 км/ч



Рис. П.4.26. Nissan Note

Технические характеристики

Длина	4083 мм
Ширина	1691 мм
Высота	1550 мм
База	2600 мм
Колея передних/задних колес	1470/1460 мм
Снаряженная масса	1202-1246 кг
Число мест	5
Объем багажника со сдвинутым назад/сдвинутым вперед/сложенным задним сиденьем	280/437/1332 л
Двигатель	ХН1, бензиновый, с распределенным впрыском
Число и расположение цилиндров	4, в ряд
Число клапанов	16
Рабочий объем	1598 куб. см
Диаметр цилиндра/ход поршня	78/83,6 мм
Степень сжатия	10,7
Максимальная мощность	110 л.с. (при 6000 об/мин)
Максимальный крутящий момент	153 Н·м (при 4400 об/мин)
Коробка передач	Автоматическая, 4-ступенчатая
Привод	Передний
Подвеска передняя/задняя	Независимая, пружинная, типа McPherson/полузависимая, пружинная, с торсионной балкой
Рулевое управление	Реечное, с электроусилителем
Тормоза передние/задние	Дисковые/барабанные; ABS, EBD, BA
Шины	185/65 R15
Диски	Легкосплавные
Минимальный радиус поворота	5,5 м
Максимальная скорость	174 км/ч
Время разгона до 100 км/ч	11,7 с
Расход топлива на 100 км:	
в городском цикле	9,1 л
в загородном цикле	5,5 л
в смешанном цикле	6,8 л
Емкость топливного бака	46 л

РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МЕТОДОВ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ

Исторические сведения о развитии алгебры

Вавилон. Истоки алгебры восходят к глубокой древности. Уже около 4000 лет назад вавилонские ученые владели решением квадратного уравнения и решали системы двух уравнений, из которых одно – второй степени. С помощью таких уравнений решались разнообразные задачи землемерия, строительного искусства и военного дела.

Буквенные обозначения, применяемые нами в алгебре, не употреблялись вавилонянами; уравнения записывались в словесной форме.

Греция. Первые сокращенные обозначения для неизвестных величин встречаются у древнегреческого математика Диофанта (2...3 в.н.э.). Неизвестное Диофант именуется «аритмос» (число), вторую степень неизвестного – «дюнамис» (это слово имеет много значений: сила, могущество, имущество, степень и др.¹). Третью степень Диофант называет «кюбос» (куб), четвертую – «дюнамодюнамис», пятую – «дюнамокюбос», шестую – «кюбокюбос». Эти величины он обозначает первыми буквами соответствующих наименований (*ар, дю, кю, ддю, дкю, ккю*). Известные числа для отличия от неизвестных сопровождаются обозначением «мо» (монас – единица). Сложение не обозначается совсем, для вычитания имеется сокращенное обозначение, равенство обозначается «ис» (исос – равный).

Ни вавилоняне, ни греки не рассматривали отрицательных чисел. Уравнение $3 \text{ ар } 6 \text{ мо ис } 2 \text{ ар } 1 \text{ мо}$ ($3x+6 = 2x+1$) Диофант называет «неуместным». Перенос членов из одной части уравнения в другую, Диофант говорит, что слагаемое становится вычитаемым, а вычитаемое – слагаемым.

Китай. За 2000 лет до нашего времени китайские ученые решали уравнения первой степени и их системы, а также квадратные уравнения. Им были знакомы отрицательные и иррациональные числа. Так как в китайском письме каждый знак изображает некоторое понятие, то в китайской алгебре не могло быть «сокращенных» обозначений.

В последующие эпохи китайская математика обогатилась новыми достижениями. Так, в конце XIII века китайцы знали закон образования биномиальных коэффициентов, известный ныне под именем «треугольника Паскаля». В Западной Европе этот закон был открыт (Штифелем) на 250 лет позднее.

Индия. Индийские ученые широко применяли сокращенные обозначения неизвестных величин и их степеней. Эти обозначения являются начальными буквами соответствующих наименований (неизвестное называлось «столькото»; для отличия второго, третьего и т. д. неизвестного употреблялись наименования цветов: «черное», «голубое», «желтое» и т.д.). Индийские авторы широко

¹ На арабский язык термин «дюнамис» был переведен словом «маль», обозначающим «имущество». Западноевропейские математики в XII веке перевели термин «маль» на латинский язык равнозначным словом *sensus*. Термин «квадрат» вошел в употребление лишь в XVI веке.

употребляли иррациональные и отрицательные числа (греческие математики умели находить приближенные значения корней, но в алгебре старались избегать иррациональностей.). Вместе с отрицательными числами в числовую семью вошел нуль, который прежде обозначал лишь отсутствие числа.

Страны арабского языка. Узбекистан. Таджикистан. У индийских авторов алгебраические вопросы излагались в астрономических сочинениях; самостоятельной дисциплиной алгебра становится у ученых, писавших на международном языке мусульманского мира – арабском. Основоположником алгебры, как особой науки, нужно считать среднеазиатского ученого Мухаммеда из Хорезма, известного под арабским прозвищем аль-Хваризми (Хорезмиец). Его алгебраический труд, составленный в IX в. н. э., носит название «Книга восстановления и противопоставления». «Восстановлением» Мухаммед называет перенос вычитаемого из одной части уравнения в другую, где оно становится слагаемым; «противопоставлением» – собирание неизвестных в одну сторону уравнения, а известных – в другую сторону. По-арабски «восстановление» называется «ал-джебр». Отсюда название «алгебра».

У Мухаммеда Хорезмского и у последующих авторов алгебра широко применяется к купеческим и иным денежным расчетам. Ни он, ни другие математики, писавшие по-арабски, не употребляли никаких сокращенных обозначений¹). Они не признавали и отрицательных чисел: учение об отрицательных числах, знакомое им из индийских источников, они считали плохо обоснованным. Это было справедливо, но зато индийские ученые могли ограничиться одним случаем полного квадратного уравнения, тогда как Мухаммед Хорезмский и его преемники должны были различать три случая ($x^2+px=q$, $x^2+q=px$, $x^2=px+q$; p и q – положительные числа).

Среднеазиатские, персидские и арабские математики обогатили алгебру рядом новых достижений. Для уравнений высших степеней они умели находить приближенные значения корней с очень большой точностью. Так, знаменитый среднеазиатский философ, астроном и математик аль-Бируни (973...1048), родом тоже из Хорезма, свел задачу о вычислении стороны правильного 9-угольника, вписанного в данную окружность, к кубическому уравнению $x^3 = 1+3x$ и нашел (в 60-ричных дробях) приближенное значение $x = 1,52'45''47'''13''''$ ² (с точностью до $1/60^4$; в десятичных дробях это дает семь верных десятичных знаков). Классик иранской и таджикской поэзии, выдающийся ученый Омар аль-Хайам (1036...1123) из Нишапура подверг систематическому изучению уравнения третьей степени. Ни ему, ни другим математикам мусульманского мира не удалось найти выражения корней кубического уравнения через коэффициенты. Но аль-Хайам разработал способ, по которому можно (геометрически) найти число действительных корней кубического уравнения (его самого интересовали только положительные корни).

¹ В них не было и нужды, ибо арабское письмо очень кратко: гласные не обозначаются, согласные и полугласные буквы просты по начертанию и сливаются по нескольку в один знак. Для написания многих слов требуется не больше времени, чем для написания некоторых наших букв (например, ж, щ). Зато арабская грамота много труднее нашей.

² Т. е. одна целая, 52 шестидесятых, 45 три тысячи шестисотых и т. д.

Средневековая Европа. В XII веке «Алгебра» аль-Хваризми стала известна в Европе и была переведена на латинский язык. С этого времени начинается развитие алгебры в европейских странах (сперва под сильным влиянием науки восточных народов). Появляются сокращенные обозначения неизвестных, решается ряд новых задач, связанных с потребностями торговли. Но существенного сдвига не было до XVI века. В первой трети XVI века итальянцы дель-Ферро и Тарталья нашли правила для решения кубических уравнений вида $x^3 = px + q$; $x^3 + px = q$; $x^3 + q = px$, а Кардано в 1545 г. показал, что всякое кубическое уравнение сводится к одному из этих трех; в это же время Феррари, ученик Кардано, нашел решение уравнения 4-й степени.

Сложность правил для решения этих уравнений сделала необходимым усовершенствование обозначений. Это совершалось постепенно в течение целого столетия. В конце XVI века французский математик Виета ввел буквенные обозначения, и притом не только для неизвестных, но и для известных величин (неизвестные обозначались заглавными гласными буквами, известные – заглавными согласными). Были введены сокращенные обозначения действий; у разных авторов они имели разный вид. В середине XVII века алгебраическая символика благодаря французскому ученому Декарту (1596...1650) приобретает вид, очень близкий к нынешней.

Исторические сведения о развитии тригонометрии

Потребность в решении треугольников раньше всего возникла в астрономии, и в течение долгого времени тригонометрия развивалась и изучалась как один из отделов астрономии.

Насколько известно, способы решения треугольников (сферических) впервые были письменно изложены греческим астрономом Гиппархом в середине II века до н. э.¹. Наивысшими достижениями греческая тригонометрия обязана астроному Птолемею (II век н. э.), создателю геоцентрической системы мира, господствовавшей до Коперника. Греческие астрономы не знали синусов, косинусов и тангенсов. Вместо таблиц этих величин они употребляли таблицы, позволявшие отыскивать хорду окружности по стягиваемой дуге. Дуги измерялись в градусах и минутах; хорды тоже измерялись градусами (один градус составлял шестидесятую часть радиуса), минутами и секундами. Это шестидесятеричное подразделение греки заимствовали у вавилонян.

Таблицы, составленные Птолемеем, содержали хорды всех дуг через каждые $1^\circ/2$ ², вычисленные с точностью до секунды. С помощью интерполяции по ним можно было найти с той же точностью хорду любой дуги. (Для облегчения интерполяции Птолемей дает поправки на $1'$.) При вычислении таблиц Птолемей опирался на открытую им теорему о диагоналях вписанного четырехугольника.

¹ Сочинение Гиппарха не дошло до нас.

² Если взять центральный угол, опирающийся на половину рассматриваемой дуги, то хорда будет удвоенной линией синуса этого угла. Поэтому таблица Птолемея равносильна пятизначной таблице значений синуса через $1^\circ/4$.

Дальнейшее развитие тригонометрия получила в IX...XIV веках в трудах арабо-язычных авторов. В X веке багдадский (ученый Мухаммед из Буджана, известный под именем Абу-ль-Вафа, присоединил к линиям синусов и косинусов линии тангенсов, котангенсов, секансов и косекансов. Он дает им те же определения, которые помещаются в наших учебниках. Абу-ль-Вафа устанавливает также основные соотношения между этими линиями. В руках знаменитого мусульманского ученого Насир эд-Дина из Туса (1201...1274) тригонометрия становится самостоятельной научной дисциплиной. Насир эд-Дин систематически рассматривал все случаи решения плоских и сферических треугольников и указал ряд новых способов решения.

В XII веке был переведен с арабского языка на латинский ряд астрономических работ, и по ним впервые европейцы познакомились с тригонометрией¹. Однако со многими достижениями арабоязычной науки европейцам не удалось познакомиться своевременно. В частности, им осталась неизвестной работа Насир эд-Дина. Выдающийся немецкий астроном XV века Региомонтан (1436...1476) через 200 лет после Насир эд-Дина заново открыл его теоремы.

Региомонтан составил обширные таблицы синусов (через 1 минуту с точностью до седьмой значащей цифры). Он впервые отступил от шестидесятиричного деления радиуса и за единицу измерения линии синуса принял одну десятимиллионную часть радиуса. Таким образом, синусы выражались целыми числами (а не 60-ричными дробями). До введения десятичных дробей оставался только один шаг. Но он потребовал более 100 лет.

За таблицами Региомонтана последовал ряд других, еще более подробных. Друг Коперника Ретикус (1514...1576) вместе с несколькими помощниками в течение 30 лет работал над таблицами, законченными и изданными в 1596 г. его учеником Ото. Углы шли через 10", а радиус делился на 1 000 000 000 000 000 частей, так что синусы имели 15 верных цифр!

Буквенные обозначения (в алгебре они появились в конце XVI века) утвердились в тригонометрии лишь в середине XVIII века благодаря русскому академику Эйлеру (1707...1783). Этот великий математик придал всей тригонометрии ее современный вид. Величины $\sin x$, $\cos x$ и т. д. он рассматривал как функции числа x – радианной меры соответствующего угла. Эйлер давал числу x всевозможные значения: положительные, отрицательные и даже комплексные. Он ввел и обратные тригонометрические функции.

¹ В это время появился латинский термин «синус», что означает «пазуха» или «карман». Это перевод арабского слова «джейб», имеющего то же значение. Как появился этот арабский термин, неизвестно. Некоторые полагают, что он произошел из индийского (санскритского) слова «жиа» или «жива» (первое значение – тетива; в геометрии – хорда). Но синус в индийской терминологии именуется «ардха-жиа», т. е. полухорда.

Название «косинус» появилось только в начале XVII века как сокращение наименования *complementi sinus* (синус дополнения), указывающего, что косинус угла A есть синус угла, дополняющего угол A до 90° . Наименования «тангенс» и «секанс» (в переводе с латинского означающие «касательная» и «секущая») введены в 1583 г. немецким ученым Финком.

ЭКРАНОПЛАНЫ Р.Е. АЛЕКСЕЕВА

Экраноплан КМ. Проектирование, строительство и испытания полноразмерного экспериментального экраноплана КМ (Корабль-макет) следует считать одним из важных этапов на пути создания первых практических образцов экранопланов.

Главным конструктором этого экраноплана был Р.Е. Алексеев, ведущим конструктором – В.П. Ефремов. Проект был начат осенью 1962 и закончен в начале 1964 года.

КМ заложен на опытном заводе «Волга» 25 апреля 1963 года. В постройке экраноплана КМ задействуются многие предприятия Советского Союза, в частности? Горьковского региона – завод «Красное Сормово», авиастроительный завод имени Сёрго Орджоникидзе, Машиностроительный завод, «Гидромаш». Строительство его посетили Генеральный конструктор ракетно-космических систем С.П. Королёв во второй половине июля 1963 года и Первый Секретарь ЦК КПСС Л.И. Брежнев – 27 декабря 1965 года.



Рис. П.6.1. Экраноплан КМ

30 марта 1966 года строительство было закончено, а 28 апреля в Москве состоялся объединённый научно-технический совет Министерств Судостроительной и Авиационной промышленности, решением которого КМ был признан годным к началу испытаний. 18 октября 1966 г. КМ вышел на испытания, которые проводились на созданной испытательно-сдаточной станции на Каспийском море в районе острова Чечень. Филиал ЦКБ по СПК был образован в Каспийске (Дагестан).

В первом испытательном полете экраноплан КМ пилотировали В.Ф. Логинов и Р.Е. Алексеев. Дальнейшие испытания проводили ведущие летчики-испытатели Д.Т. Гарбузов и В.Ф. Трошин.

Испытания экраноплана КМ подтвердили не только правильность основных инженерных решений, но и обеспечили натурную экспериментальную базу для создания перспективных экранопланов. В частности, удалось показать, что прогнозируемые данные по экранному эффекту, полученные на моделях экранопланов, подтверждаются на скоростях движения вблизи экрана до 500 км/ч.

Длина экраноплана КМ 98,0 м, высота 21,8 м, размах крыла 37,8 м, размах хвостового оперения 37,0 м. Силовая установка 8×ВД-7 в носу + 2×ВД-7 в хвосте тягой по 13000 кг. Взлетная масса до 544 т, полезная нагрузка до 300 т, максимальная скорость 550 км/ч, крейсерская скорость 430 км/ч, дальность полета 1500 км, высота полета 4...14 м.

Это был уникальный, самый большой в мире летательный аппарат, получивший у зарубежных спецслужб название «Каспийский монстр». До появления самолета Ан-225 «Мрія» это был самый тяжелый летательный аппарат в мире.

Экраноплан «Орлёнок» спроектирован по самолетной схеме. Это трехдвигательный низкоплан с Т-образным хвостовым оперением и корпусом-лодкой. Крыло имеет аэродинамическую компоновку, оптимизированную для движения вблизи экрана. На концах крыла установлены глиссирующие поплавки, играющие роль аэродинамических шайб.

Взлетная масса экраноплана до 140 т. Крейсерская скорость 400 км/ч. Силовая установка – один маршевый двигатель НК-12МК в хвостовой части и два стартовых НК-8-4К, размещенных внутри носовой части корпуса и отключаемых в полете. Динамическая воздушная подушка на разгоне создается струями стартовых двигателей, а удерживается под крылом отклонением закрылков по задней кромке и щитков на передней кромке крыла на половине его размаха (со стороны поплавков). Днище корпуса экраноплана образовано системой поперечных и продольных реданов. В носовой части корпуса к днищу крепится носовая гидролыжа. Основная, главная, гидролыжа крепится в районе центра масс. Обе они могут качаться в вертикальной плоскости. К гидролыжам сзади крепятся опоры шасси. Вход и выход экипажа осуществляется через двери, расположенные по бортам корпуса над крылом. Аварийное покидание – через люк на крыше пилотской кабины. На экраноплане установлен корабельный на-

вигационный комплекс «Экран» с обзорной РЛС и бортовая система автоматического управления.



Рис. П.6.2. Экраноплан «Орленок»

Экраноплан «Орленок» предназначен для переброски морских десантов на дальность до 1500 км. Он способен принять на борт до 200 морских пехотинцев с полным вооружением или два плавающих танка (БТР, БМП) с экипажами, взлететь с волны до 1,5 м и со скоростью 400...500 км/ч доставить десант к месту высадки. Для него не являются препятствиями любые защитные заграждения – минные и сетевые – он просто перелетает над ними. После посадки на воду и выхода на относительно пологий берег, «Орленок» высаживает людей и технику через откидывающуюся вправо носовую часть. Экраноплан может автономно действовать в течение суток.

5 октября 1979 г. начинаются государственные испытания экраноплана, а через месяц после их завершения, 3 ноября, на принципиально новом высокоскоростном корабле – десантном экраноплане «Орленок» поднимается флаг советского ВМФ. Он включается в состав Каспийской флотилии, в соединение десантных кораблей на воздушной подушке.

К концу 1983 года было построено три экраноплана «Орлёнок».

«Орлята» сначала проходили опытную эксплуатацию, в процессе которой отработывались тактические приемы их использования и подготавливались бортовые экипажи. Экипажи комплектовались: летный состав – из летчиков гидроавиации, а технический – из специалистов авиации и экипажей кораблей на статической воздушной подушке. 12 ноября 1986 года экранопланы «Орленок» приказом министра обороны СССР принимаются на вооружение и приобретают титул первых в мире серийных крупных (со взлетной массой до 140 т) экранопланов, вставших в боевой строй.

В ходе учений крылатые машины брали на борт подразделения десанта (военную технику и личный состав) и обеспечивали их доставку на необорудо-

ванное побережье. Их применение позволило по-новому взглянуть на тактику ведения боевых действий в военное время, открыло более широкие возможности эффективного использования экранопланов для контроля на море в мирных условиях. А в техническом плане позволило начать работы над новыми машинами второго поколения, которые должны иметь взлетную массу до 1000 тонн.

Планами развития ВМФ СССР предусматривалось строительство 120 «Орлят». Военных моряков привлекала эффективность экраноплана как десантного средства. Высокая скорость обеспечивала быстроту переброски войск, недостижимую для обычных десантных кораблей, и внезапность удара. Но планы не осуществились: в 1985 г. умер министр обороны маршал Советского Союза Д.Ф. Устинов, поддерживавший идею строительства флота десантных экранопланов. Новый министр обороны маршал Советского Союза С.Л. Соколов волевым решением закрыл программу, а деньги, предназначенные для нее, пустил на строительство атомных подводных лодок.

В конце 80-х и начале 90-х годов XX века на базе экраноплана «Орлёнок» разработана его гражданская модификация. Он сможет работать на регулярных трассах, перевозя по 150 человек, или использоваться как грузо-пассажирское скоростное судно, перевозя грузы и сменные экипажи для плавучих буровых установок, рыбопромысловых судов и полярных станций (это посадка на дрейфующий лед). Дальнейшим развитием идей, заложенных в «Орленок», может стать большой пассажирский экраноплан на 250 человек.

Разработана научно-исследовательская модификация «Орленка»-МАГЭ (морской арктический геологоразведывательный экраноплан). Помимо изменений конструкций, обычных для перехода от военного к гражданскому варианту (снимается вооружение и десантное оборудование), в корме устанавливается движитель малого хода – гребной винт в насадке – с приводом от дизеля. В кормовой оконечности делаются раскрывающиеся створки и размещается специальное оборудование, экраноплан может брать пробы донного грунта, вести сейсмоакустическую, магнитометрическую и гравиметрическую разведку.

Совместно с украинским АНТК «Антонов» разработан проект уникальной авиационно-морской спасательной системы. «На спину» самолету-гиганту Ан-225 ставится спасательный вариант «Орленка», имеющий увеличенную дальность хода и оборудованный всем необходимым для оказания помощи людям в море (амбулаторией, откидными койками и т.д.). Самолет-носитель доставляет экраноплан к месту катастрофы со скоростью 700 км/ч. Далее «Орленок» запускает свои двигатели, стартует с Ан-225, снижается и садится на воду, превращаясь в мореходное спасательное судно. Благодаря большой прочности конструкции, экраноплан сможет сесть при сильном волнении, губительном для гидросамолетов, а запас хода позволит ему работать практически в любой точке Мирового океана (ведь топливо расходуется только на обратный путь до ближайшего порта). Эта система будет работать и в полярных районах – экраноплан садится на лед и может доставлять полярникам (не только в Арктике, но в Антарктиде) срочные грузы.

ЛЕТАЮЩИЕ АВТОМОБИЛИ США
(80...90 гг. XX в.)



КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОПРОВЕРКИ

Задание 1. Рассчитать критерий оборотности двигателя Е.А. Чудакова ($\eta_{об}$) для автомобиля (см. табл. П.8.1) по выражению

$$\eta_{об} = \frac{1000}{2\pi r_k} i_o i_p i_k \frac{\text{(обороты ДВС)}}{\text{(1 км пути)}}$$

где $\pi=3,14$; r_k – радиус качения колеса, м; передаточные отношения: i_o – главной передачи; i_p – раздаточной коробки; i_k – коробки перемены передач.

Таблица П.8.1

Варианты контрольных заданий

Номер варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номер зачетной книжки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
r_k	(44) 0,22	(46) 0,23	(48) 0,24	(50) 0,26	(52) 0,27	(56) 0,28	(58) 0,29	(64) 0,32	(70) 0,35	(76) 0,38
i_o	3,9	3,8	3,6	4,8	4,4	4,2	4,0	3,9	3,7	3,5
i_p	нет	нет	нет	1,0	нет	1,1	нет	1,15	нет	1,12
i_k	0,92 1,35 1,74	1,0 1,42 1,77	0,95 1,38 1,72	0,9 1,0 1,8	1,0 1,15 1,8	1,0 1,2 1,84	1,0 1,23 1,70	0,85 1,52 1,77	0,92 1,65 1,70	0,94 1,72 1,65
$M_{кр}$ (Н·м) ДВС	126	130	135	160	180	185	240	260	360	420
КПД транс-миссии $\eta_{тр}$	0,95	0,92	0,95	0,8	0,90	0,87	0,9	0,85	0,9	0,87

Задание 2. Рассчитать крутящий момент на полуосях транспортного средства (Н·м) по выражению

$$M_{крТС} = M_{крДВС} \eta_{тр} i_o i_p i_k$$

для всех значений i_k ; построить графики по данным табл. П.8.1.

Задание 3. Рассчитать тяговую силу на ведущих колесах транспортного средства (Н) для задания 2 по выражению

$$P_{в.кТС} = M_{крТС} / r_k.$$

По данным табл. П.8.1 построить графики.

Примеры расчетов для варианта 4 (см. табл. П.8.1)

Задание 1

$$\eta_{\text{об}} = \frac{1000}{2\pi r_k} i_o i_p i_k; \text{ при } i_k = 0,9 \quad \eta_{\text{об}} = \frac{1000}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,25} \cdot 4,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 2650,3 \text{ (об/км)}.$$

Задание 2

$$M_{\text{крТС}} = M_{\text{крДВС}} \eta_{\text{тр}} i_o i_p i_k; \quad M_{\text{крТС}} = 160 \cdot 0,8 \cdot 4,8 \cdot 1,0 \cdot 0,9 = 786 \text{ (Н)}.$$

Задание 3

$$P_{\text{в.кТС}(2,4)} = M_{\text{крТС}} / r_k; \quad P_{\text{в.кТС}} = \frac{768}{0,26} = 2953,8 \text{ (Н)}.$$

Если количество ведущих колес $i_{\text{в.к}} = 2$ или 4:

- для колесной формулы 4×2, где $i_{\text{в.к}} = 2$ $P_{\text{в.к}2} = P_{\text{в.кТС}} / 2 = 1476,9 \text{ (Н)}$;
- для колесной формулы 4×4, где $i_{\text{в.к}} = 4$ $P_{\text{в.к}4} = P_{\text{в.кТС}} / 4 = 738,45 \text{ (Н)}$.