

АВТОМОБИЛИ КОНСТРУКЦИЯ И РАБОЧИЕ ПРОЦЕССЫ

Под редакцией В. И. ОСИПОВА

Учебник

Допущено

Учебно-методическим объединением вузов РФ по образованию в области транспортных машин и транспортно-технологических комплексов в качестве учебника для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» (профили подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» и «Автомобильный сервис»)



Москва
Издательский центр «Академия»
2012

УДК 629.33(075.8)
ББК 39.33я73
А224

Авторы:

А. М. Иванов (гл. 1), С. Н. Иванов (гл. 7), Н. П. Квасновская (гл. 11, 13),
В. Б. Кучер (гл. 8), А. Н. Нарбут (гл. 3—6, 9, 12, 13), В. И. Осипов (гл. 2),
А. И. Попов (гл. 9), А. Н. Солнцев (гл. 10)

Рецензенты:

зам. генерального директора НИИАТ по научной работе, канд. техн. наук, ст.
науч. сотр. *В. В. Комаров*;
зав. кафедрой «Автомобили и тракторы» ФГОУ ВПО Рязанского государственного
агротехнологического университета им. П. А. Костычева, декан автодо-
рожного факультета, канд. техн. наук, доц. *Е. В. Лунин*

Автомобили. Конструкция и рабочие процессы : учеб-
ник для студ. учреждений высш. проф. образования /
[А. М. Иванов, С. Н. Иванов, Н. П. Квасновская и др.] ; под
ред. В. И. Осипова. — М. : Издательский центр «Академия»,
2012. — 384 с. — (Сер. Бакалавриат).

ISBN 978-5-7695-7439-9

Учебник создан в соответствии с Федеральным государственным образова-
тельным стандартом по направлению подготовки «Эксплуатация транспортно-
технологических машин и комплексов», профили «Автомобили и автомобильное
хозяйство» и «Автомобильный сервис» (квалификация «бакалавр»).

Рассмотрены классификация механизмов или систем автомобиля, а также
требования, предъявляемые к ним, и их реализация в конкретных конструкци-
ях. Приведены математическое описание рабочего процесса и расчет выходных
характеристик. Обоснован выбор расчетных нагрузок. Уделено внимание рас-
четам деталей и узлов на работоспособность.

Для студентов учреждений высшего профессионального образования.

УДК 629.33(075.8)
ББК 39.33я73

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

© Иванов А. М., Иванов С. Н., Квасновская Н. П. и др.,
2012

© Образовательно-издательский центр «Академия», 2012
© Оформление. Издательский центр «Академия», 2012

ISBN 978-5-7695-7439-9

ПРЕДИСЛОВИЕ

В учебнике изложена краткая история и перспективы развития элементов конструкции автомобиля, представлена классификация и требования к агрегатам и системам с позиции наиболее полной реализации показателей эксплуатационных свойств автомобиля, а также приведены методы расчета рабочих процессов и прочностные расчеты агрегатов и систем автомобилей.

Учебник написан на основе материалов курсов лекций, длительное время читаемых на кафедре «Автомобили» Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета.

Использованы также материалы научных исследований и разработок, выполненных при участии авторов книги.

АНАЛИЗ КОМПОНОВОЧНЫХ СХЕМ АВТОМОБИЛЕЙ

1.1. Требования к автомобилю, его свойства, влияние конструкции. Компоновка автомобиля

Конструкция автомобиля должна отвечать требованиям, которые предъявляют к нему:

- владелец (потребитель) автомобиля;
- изготовитель автомобиля;
- транспортные предприятия;
- государство;
- общественные организации.

Требования к конструкции автомобиля многочисленны, разнообразны и касаются вопросов производительности, экономичности, безопасности, надежности, комфорта, информативности автомобиля.

Требования могут существенно отличаться в зависимости от того, кто их выдвигает.

Со стороны потребителя к кузову легкового автомобиля предъявляются следующие требования:

- привлекательный внешний вид и размеры;
- безопасность;
- хорошая аэродинамика;
- высокий уровень комфорта;
- удобство использования;
- надежность;
- привлекательная цена;
- низкие затраты на ремонт;
- низкий уровень шума и т. д.

Со стороны производителя к кузову легкового автомобиля предъявляются следующие требования:

- простота сборки;
- использование существующего технологического оборудования;
- ограниченное количество деталей;
- приспособленность к сварке;
- значительная доля унифицированных деталей;
- оптимальное количество деталей из различных материалов;
- низкая себестоимость производства и т. д.

В рыночной экономике требования владельца автомобиля считаются наиболее важными.

Автомобиль, удовлетворяющий в максимальной степени существующим требованиям, считается наиболее качественным.

Качество автомобиля определяется совокупностью его свойств, определяющих способность удовлетворять заданным требованиям в определенных условиях эксплуатации.

Все свойства можно подразделить на три группы:

- функциональные;
- потребительские;
- общественной безопасности.

При этом свойства подразделяются:

- на свойства, показатели которых определяются конструкцией автомобиля;
- свойства, не связанные с конструкцией автомобиля.

В табл. 1.1 представлены перечень свойств легкового автомобиля и оценка важности того или иного свойства для потребителя. Как следует из табл. 1.1, конструкция автомобиля определяет группу свойств, наиболее важных для потребителя.

Таблица 1.1. Перечень свойств легкового автомобиля

Свойства	Принадлежность к группе свойств	Связь с конструкцией		Место по степени важности для потребителя
		Да	Нет	
Безопасность	Функциональные, потребительские, общественной безопасности	+		1
Надежность	Функциональные	+		2
Динамические свойства	Функциональные, потребительские, общественной безопасности	+		3
Комфорт	Потребительские	+		4
Современность конструкции	»	+		5
Затраты на эксплуатацию	Функциональные, потребительские	+		6

Свойства	Принадлежность к группе свойств	Связь с конструкцией		Место по степени важности для потребителя
		Да	Нет	
Универсальность применения	То же	+		7
Внешний вид	Потребительские	+		8
Цена рыночная	»		+	9
Престиж марки	»		+	10
Наличие автосервисов	»		+	11
Темп падения рыночной цены со временем	»		+	12
Экологические свойства	Общественной безопасности	+		13
Время нахождения модели автомобиля на рынке	Потребительские		+	14

Конструкция нового автомобиля закладывается в процессе проектирования, который состоит из нескольких этапов.

Этап 1. Разработка технического задания. На основании информации маркетинговых исследований формируются основные требования к новому автомобилю, например класс автомобиля, количество модификаций двигателя и трансмиссии, требования к уровню тягово-скоростных свойств, проходимости и т.д. Указывается, для рынков каких стран проектируется автомобиль, кто рассматривается в качестве потенциальных потребителей.

Этап 2. Выбор компоновочных решений. Конструкторы на основании технического задания определяют основные наружные размеры и размеры салона, тип и расположение двигателя, агрегатов трансмиссии, элементов подвески и систем управления. Определяется место расположения водителя и пассажиров.

Этап 3. Выбор внешнего и внутреннего облика автомобиля (художественный дизайн). Создаются рисунки автомобиля, позволяющие определить внешний и внутренний облик автомобиля, который мог бы быть наиболее привлекательным для будущего вла-

дельца, обеспечил узнаваемость марки, внешние отличия от моделей конкурентов.

Этап 4. Разработка внешних форм кузова. На основании синтеза выбранной компоновки и наиболее привлекательных идей художественного дизайна прорисовывается чертеж автомобиля в трех проекциях. Прорабатываются различные варианты внешних обводов.

Этап 5. Создание моделей автомобиля. Полученные на этапе 3 размеры кузова и салона позволяют изготовить модели автомобиля (как в масштабе, так и в натуральную величину). Модели оцениваются с позиций аэродинамики, привлекательности внешнего вида и т. д.

Принимается решение о геометрической форме кузова и интерьере салона.

Этап 6. Проработка конструкций отдельных агрегатов, создание опытных образцов автомобилей. С учетом общей компоновки, размеров кузова и салона прорабатывается конструкция отдельных узлов и агрегатов автомобиля, мест их размещения. Собираются опытные образцы нового автомобиля.

Этап 7. Доводка конструкции. На основании исследований и испытаний опытных образцов дорабатывается конструкция автомобиля в целях обеспечения оптимальных свойств автомобиля. Конструкторская документация передается в производство.

В последнее время в автомобилестроении широко используется система компьютерного проектирования, которая позволяет сократить время, повысить качество работ, автоматизировать создание натуральных моделей, отказаться от документов и чертежей на бумажных носителях. Наличие конструкторской документации в электронном виде позволяет также ускорить процесс технологической подготовки производства. Компьютерные программы широко используются в процессе проектирования для прогнозирования показателей свойств и проведения доводочных работ (табл. 1.2).

Таким образом, принципиальные конструктивные характеристики, определяющие свойства нового автомобиля, закладываются на этапе выбора компоновочных решений.

Компоновка автомобиля — сочетание основных наружных размеров, размеров салона (кабины), мест расположения водителя, пассажиров, груза, основных агрегатов автомобиля.

В последние годы в целях ускорения и удешевления процесса создания новых моделей фирмы-изготовителя осуществляют предварительную конструкторскую проработку основных блоков автомобиля, не влияющих на внешний вид и интерьер салона. К таким блокам относятся: «двигатель + трансмиссия», «передняя ось + подвеска», «задняя ось + подвеска», «рулевое управление», «тормозное управление».

Сочетание таких блоков называется *платформой*. Одна платформа применяется для создания автомобилей различных типов (седан, хэтчбек, универсал, спорткупе, минивэн) и даже торговых марок.

Таблица 1.2. Применение компьютерного моделирования для оценки некоторых свойств автомобиля

Свойства	Полная оценка свойства	Часть традиционной системы оценки	Ограниченное использование
Тягово-скоростные свойства	+		
Топливная экономичность	+		
Управляемость		+	
Плавность хода, вибронгруженность:			
	линейные модели	+	
	нелинейные модели		+
Долговечность			+
Климат в салоне			+

1.2. Анализ компоновочных схем легковых автомобилей

Компоновка легковых автомобилей определяется в основном формой кузова, расположением двигателя, агрегатов трансмиссии, ведущих колес.

По форме кузова современные легковые автомобили могут быть (рис. 1.1):

- однообъемными;
- двухобъемными;
- трехобъемными.

Применяемость конкретных форм, а также их преимущества и недостатки приведены в табл. 1.3.

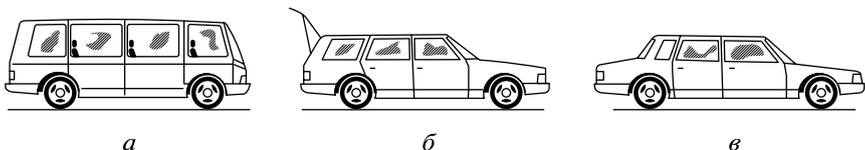


Рис. 1.1. Форма кузова легкового автомобиля:
а — однообъемная; *б* — двухобъемная; *в* — трехобъемная

Таблица 1.3. Анализ формы легкового автомобиля

Форма	Применение	Преимущества	Недостатки
Однообъемная	Минивэны (универсалы повышенной вместимости). Автомобили малого класса	Минимальные наружные размеры. Большой объем салона. Удобная посадка водителя и пассажиров	Большая лобовая площадь. Высокий центр тяжести
Двухобъемная	Универсалы. Автомобили повышенной проходимости. Автомобили среднего класса	Легкость трансформации задней части салона (размещение людей или груза)	Грузовая и пассажирская часть салона не разделены. Плохая аэродинамика задней части кузова
Трехобъемная	Автомобили среднего и высшего класса. Купе. Кабриолеты	Грузовой отсек отделен от пассажирского. Высокая жесткость кузова. Хорошая аэродинамика	Трудность трансформации салона. Большая габаритная длина

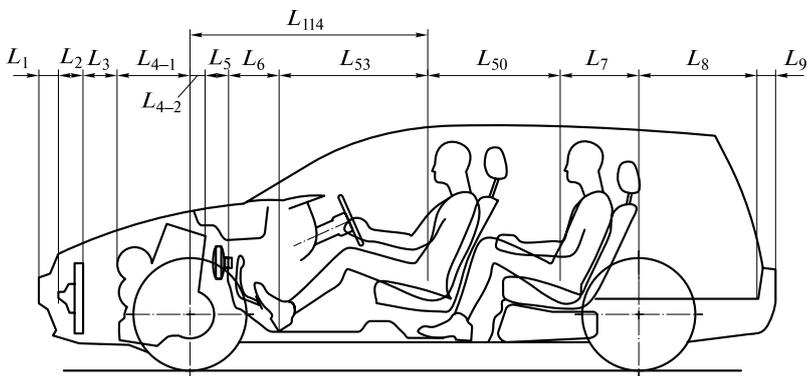


Рис. 1.2. Размеры, определяющие компоновку легкового автомобиля по длине

Форма и размеры кузова выбираются с учетом размеров и расположения водителя, пассажиров, основных агрегатов автомобиля (рис. 1.2), а также обеспечения удобства посадки и обзора с места водителя (рис. 1.3).

Взаимное расположение двигателя, агрегатов трансмиссии и ведущих колес неполноприводных автомобилей позволяет выделить четыре основные компоновки современных легковых автомобилей (рис. 1.4):

- классическая;
- переднеприводная;
- среднемоторная;
- заднемоторная.

Преимущества и недостатки названных компоновок приведены в табл. 1.4.

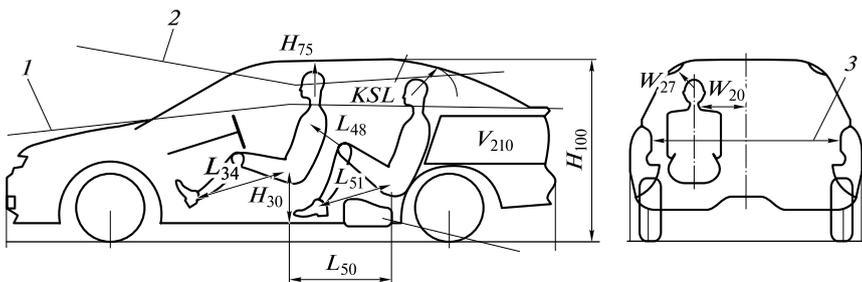


Рис. 1.3. Геометрические параметры компоновки легкового автомобиля, определяющие удобство посадки и обзорность с места водителя:

1 — нижняя граница обзора; 2 — верхняя граница обзора; 3 — внутренняя ширина кузова в зоне расположения людей

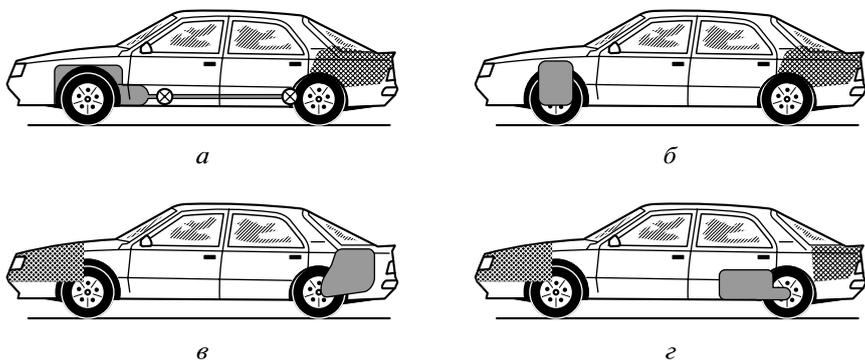


Рис. 1.4. Компоновка легковых автомобилей:

а — классическая; *б* — переднеприводная; *в* — заднемоторная; *г* — среднемоторная

Таблица 1.4. **Преимущества и недостатки различных компоновок легковых автомобилей**

Свойства	Передне-моторная, передне-приводная	Классическая	Средне-моторная	Задне-моторная
Тяговые свойства: пустой	+	-	+	+
	-	+	+	+
Развесовка	+	0	-	-
Объем салона	+	+	-	0
Объем багажника	+	+	0	-
Возможность модификации задней части кузова	+	+	-	-
Общая длина	+	0	0	0
Свойства кузова при столкновениях	+	+	-	-
Тепловая нагруженность салона	-	-	0	+
Возможность создания полноприводной модификации	+	+	0	+

Свойства	Передне- моторная, передне- приводная	Класси- ческая	Средне- моторная	Задне- моторная
Шум в салоне	+	–	–	+
Масса	+	0	+	+
Длина приводов управле- ния силовым агрегатом	+	+	–	–
Стоимость производства	+	+	+	+

Примечание: «+» — положительное влияние; «–» — негативное влияние; 0 — незначительное влияние.

Таблица 1.5. Типы двигателей и компоновка легкового автомобиля

Расположение двигателя	Тип двигателя	Преимущества	Недостатки (ограничения)
Впереди, поперек, вертикально	R3, R4, V6	Компактность. Малый передний свес. Поглощения энергии при столкновении	Ограниченная длина. Трудность крепления
Впереди, поперек, горизонтально	R3, R4	Компактность. Малый передний свес. Двигатель при столкновениях уходит под пол салона	Ограниченная длина. Горизонтальное исполнение
Впереди, продольно	Любой (кроме 06)	Любая длина мотора	Большой передний свес. Туннель в полу салона
В базе, поперек	R3, R4, R5	Хорошая развесовка. Низкий момент инерции (ось Z)	Ограниченная длина. Двухместный автомобиль

Расположение двигателя	Тип двигателя	Преимущества	Недостатки (ограничения)
В базе, продольно	Любой	Хорошая развесовка. Низкий момент инерции (ось Z)	Низкая безопасность при ударе сзади. Двухместный автомобиль
Сзади, поперек, вертикально	$R3, R4, V6$	Хорошая загрузка задних ведущих колес (разгон, проходимость)	Ограниченная длина. Малый объем переднего багажника
Сзади, поперек, горизонтально	$R3, R4$	Хорошая загрузка задних ведущих колес (разгон, проходимость)	Ограниченная длина. Высокий пол кузова
Сзади, продольно	$R3 \dots R6, V6, O4, O6$	Хорошая загрузка задних ведущих колес (разгон, проходимость)	Большой задний свес. Неоптимальная развесовка

Примечание: R — рядный; V — V-образный; O — оппозитный; цифра — число цилиндров.

На базе данных компоновок возможно создание полноприводных вариантов автомобиля.

Каждая из компоновок накладывает ограничения на размеры двигателя и его ориентацию относительно продольной оси автомобиля. В табл. 1.5 приведены типы двигателей в зависимости от места их установки на автомобиль.

Таблица 1.6. Анализ компоновок легковых автомобилей с передним расположением двигателя

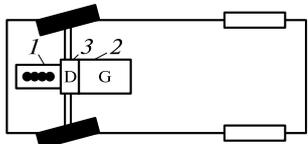
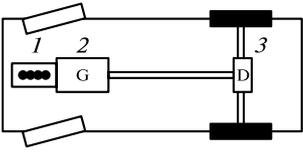
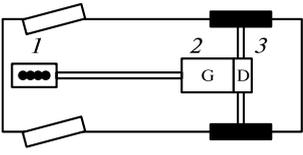
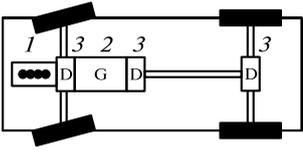
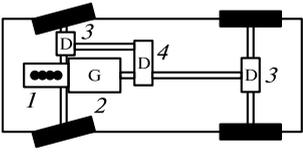
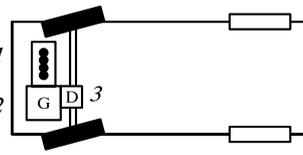
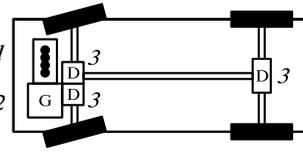
Схема	Преимущества	Недостатки
	Широкая гамма двигателей. Легкость создания полноприводной модификации	Большой передний свес. Неоптимальная развесовка

Схема	Преимущества	Недостатки
	<p>Широкая гамма двигателей. Малый передний свес</p>	<p>Увеличение массы автомобиля. Туннель в полу салона. Компоновка багажника</p>
	<p>Широкая гамма двигателей. Оптимальная развесовка. Очень короткий передний свес</p>	<p>Высокий пол кузова в задней части. Сложность управления коробкой передач. Сложность создания полноприводной модификации</p>
	<p>Хорошая проходимость и динамика. Коробка передач, главная передача и межосевой дифференциал в одном корпусе</p>	<p>Большой передний свес</p>
	<p>Хорошие проходимость и динамика. Унификация с АТС классической компоновки</p>	<p>Высокое расположение двигателя. Очень широкий туннель в салоне. Увеличение массы</p>
	<p>Малый передний свес. Отсутствие туннеля. Удобство сборки</p>	<p>Перегрузка передней оси. Ограниченная длина мотора</p>
	<p>Хорошие проходимость и динамика</p>	<p>Ограниченная длина мотора</p>

Примечание: 1 — двигатель; 2 — коробка передач; 3 — главная передача и дифференциал; 4 — раздаточная коробка.

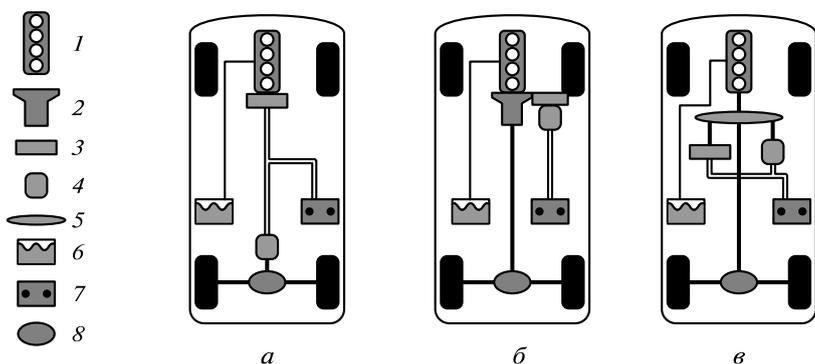


Рис. 1.5. Типы гибридного привода:

a — последовательный; *б* — параллельный; *в* — смешанный; 1 — ДВС; 2 — коробка передач; 3 — генератор; 4 — электродвигатель; 5 — редуктор; 6 — топливный бак; 7 — АКБ; 8 — главная передача

Рассмотрение комбинации «двигатель — трансмиссия — ведущие колеса» предполагает большое число вариантов компоновки, каждый из которых имеет определенные преимущества и недостатки. Так, в табл. 1.6 приведен анализ возможных компоновок автомобилей с передним расположением двигателя.

Применение в последние годы на легковых автомобилях гибридных силовых установок (двигатель внутреннего сгорания + электродвигатель) позволяет выделить три основные компоновки типа привода (рис. 1.5):

- последовательный;
- параллельный;
- комбинированный.

Преимущества и недостатки компоновок легковых автомобилей с гибридными силовыми установками приведены в табл. 1.7.

Таблица 1.7. Сравнение типов гибридного привода

Тип привода	Преимущества	Недостатки
Последовательный	Удобство компоновки. Режимы работы ДВС не связаны с режимами движения автомобиля	Мощный электродвигатель и генератор. Высокая стоимость
Параллельный	За основу берется автомобиль традиционной компоновки.	Проблемы движения только на электротяге.

Тип привода	Преимущества	Недостатки
	Компактные электродвигатель и генератор небольшой мощности	Режимы работы ДВС связаны с режимом движения автомобиля
Комбинированный	Более гибкое управление потоками энергии и режимами работы ДВС	Сложность конструкции

1.3. Анализ компоновочных схем автобусов

Компоновка современных автобусов определяется следующими факторами:

- общая конструкция кузова;
- планировка салона;
- размещение двигателя, агрегатов трансмиссии, ведущих колес.

На рис. 1.6 приведены схемы основных компоновочных решений кузова автобуса.

Основной схемой для автобусов большой вместимости (22 человека и более) является схема вагонной компоновки. Основное преимущество такой схемы — максимальное использование внутреннего пространства под пассажирский салон. Габаритная длина одиночного автобуса (размер салона — пассажироместимость) ограничена законодательными ограничениями (не более 12,0 м) и показателями маневренности.

Особо большую пассажироместимость обеспечивают сочлененные автобусы вагонной компоновки. Наличие шарнира между секциями автобуса позволяет обеспечить удовлетворительную маневренность при разрешенной габаритной длине до 18 м.

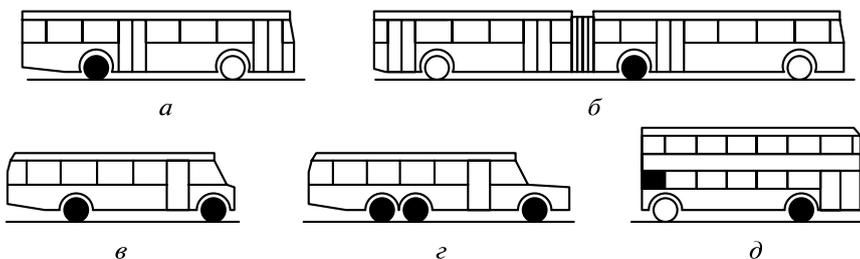


Рис. 1.6. Формы кузовов автобуса:

а — вагонного типа, одиночный; *б* — вагонного типа, сочлененный; *в* — полукапотный; *г* — капотный; *д* — двухэтажный

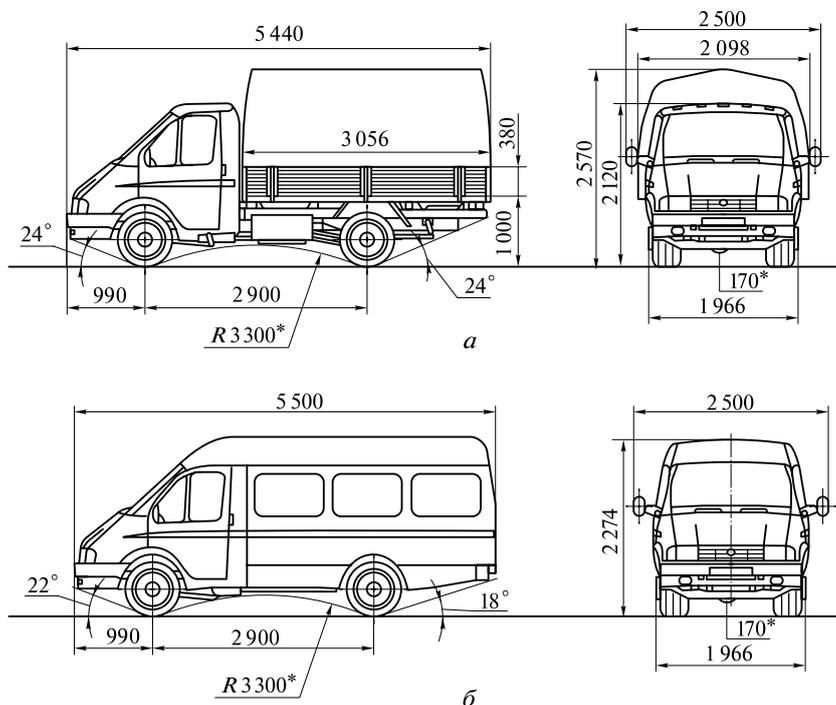


Рис. 1.7. Грузовой автомобиль (а) и автобус «Газель» (б)

Полукапотную и капотную компоновку имеют, как правило, автобусы малой пассажироместимости, созданные на базе легковых или грузовых автомобилей.

Основное преимущество таких компоновок — максимальная унификация силовой установки, трансмиссии агрегатов шасси с базовым легковым или грузовым автомобилем и, следовательно, снижение затрат на проектирование, производство, эксплуатацию (рис. 1.7).

Двухэтажные автобусы имеют ограниченное применение, поскольку неудобны для посадки-высадки пассажиров и обладают невысокой устойчивостью к опрокидыванию.

Планировка (компоновка) салона автобуса связана с количеством и расположением мест для сидящих и стоящих пассажиров, количеством и шириной дверей, проходов, накопительных площадок и т. д.

Планировка салона определяется назначением автобуса. В соответствии с ГОСТ Р 41.36—99 (Правило ЕЭК ООН № 36) автобусы большой вместимости (больше 22 пассажиров) подразделяются на три класса:

- городские автобусы класса I, конструкция которых предусматривает места для стоящих пассажиров в целях обеспечения беспрепятственного перемещения пассажиров;