

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное образовательное учреждение  
высшего образования  
Ульяновский государственный университет

Инженерно-физический факультет высоких технологий

Кафедра "Проектирование и сервис автомобилей  
им. И.С. Антонова"

**КУРС ЛЕКЦИЙ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ И ДИЗАЙНА  
АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ»**

для студентов специальностей

23.05.01 – Наземные транспортно-технологические средства,  
23.03.02 - Наземные транспортно-технологические комплексы,  
всех форм обучения

Ульяновск 2019

# Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов

## ВВЕДЕНИЕ

Автомобили и тракторы создаются для людей. Эта простая фраза по существу определяет задачи эргономики и дизайна применительно к этим машинам.

**Эргономика** (от греч. *ergon* — работа, *nomos* — закон) — наука о приспособлении орудий и условий труда к человеку. Она изучает особенности человека и его функциональные возможности в процессе труда с целью создания оптимальных условий для высокой производительности и надежности.

Эргономика как наука оформилась сравнительно недавно, всего несколько десятилетий назад, но основы эргономических знаний были заложены еще в тот период истории человечества, когда появились первые орудия труда, изготовленные людьми. Тогда же люди стали оценивать эти орудия труда по простейшему критерию — «удобно—неудобно».

Основной задачей эргономики можно считать повышение надежности функционирования человекомашинных систем. Статистика техногенных катастроф показывает, что наименее надежным элементом таких систем является человек (проявляется так называемый «человеческий фактор»). Одной из наиболее актуальных является задача согласования конструкции машины в той ее части, которая связана с человеком, с его психологическими и физиологическими характеристиками.

**Эргономика** — это комплексная наука, она базируется на физиологии, биологии, медицине, психологии, биомеханике, промышленной гигиене, нейрофизиологии, антропометрии и других науках о человеке. В курсе лекций нами будут рассмотрены антропометрия, инженерная психология, хиротехника.

**Антропометрия** занимается изучением размеров и формы человеческого тела и его составных частей, исследует направления и пределы движе-

ний частей тела и силы мускулов. Она является частью общей науки о человеке — антропологии. Без знания основных антропометрических характеристик невозможно правильно разместить органы управления автомобилем или трактором.

**Инженерная психология** изучает объективные закономерности процессов информационного взаимодействия человека и техники, на инженерной психологии базируется, в частности, построение приборной панели и способы представления информации на ней.

**Хиротехника** изучает взаимодействие рук человека с различными ручьями, кнопками, выключателями и другими элементами машин, приборов и иных промышленных изделий.

Второе определяющее слово в названии этой дисциплины — дизайн.

**Дизайн** (от англ. *design* — замысел, проект, чертеж, рисунок) — термин, обозначающий различные виды проектировочной деятельности, имеющей целью формирование эстетических и функциональных качеств предметной среды. В узком смысле дизайн — художественное конструирование (вид художественной деятельности, проектирование промышленных изделий, обладающих эстетическими свойствами).

**Дизайнер** — это специалист, не просто разрабатывающий художественный образ изделия, а ведущий художественное конструирование.

Дизайнерские подразделения промышленных предприятий и фирм, связанных с производством автомобилей и тракторов, чаще всего входят в службу главного конструктора.

Деятельность различных специалистов, принимающих участие в разработке конструкции изделия, можно разделить на две категории — техническое конструирование и эвристическая деятельность.

Под **техническим конструированием** обычно понимают работу (расчетную, компоновочную, графическую, чертежную и т.п.), основанную на определенном алгоритме, на запрограммированной схеме, на стандартах, нормах

и правилах. Результат такой работы проявляется, в нашем случае, в эргономических качествах автомобиля и трактора.

*Эвристическая деятельность* в большей степени основана на технической эрудиции, она строится на системе логических приемов и методических правил. Эвристической можно назвать работу изобретателя. Работа дизайнера занимает промежуточное положение между этими двумя видами творческой деятельности. Идейной основой дизайна является техническая эстетика.

Если специалист занимается только созданием художественного образа изделия, то он является скорее стилистом или художником-оформителем, и чаще всего разработанное им изделие при внешней привлекательности не обладает необходимыми эргономическими качествами. Возможно, одним из наиболее ярких и всем известных примеров такого подхода может служить хрустальная туфелька Золушки, безусловно, прекрасная внешне, но вряд ли удобная. И это естественно, потому что создавшая ее фея скорее всего не имела достаточного представления об эргономике (из-за недостатка в программе профессиональной подготовки волшебницы).

И эргономика, и дизайн как вид профессиональной деятельности могут рассматриваться в различных аспектах: социальном, техническом, экономическом и эстетическом.

*Социальный аспект* учитывает объективную потребность общества в транспортных средствах (легковые и грузовые автомобили, автобусы) и в различных рабочих машинах (сельскохозяйственные, лесотехнические, промышленные и многие другие тракторы).

*Технический аспект* применительно к направленности данной книги проявляется в обеспечении удобного размещения людей на сиденьях, удобного входа-выхода, доступности органов управления и оптимальных усилий на них, хорошей обзорности и многого другого.

Непременным условием высокого уровня конструктивной и дизайнерской проработки машины является также приспособленность к техническому

обслуживанию с возможно большими интервалами между этими обслуживаниями.

*Экономический аспект* находит отражение в двух сферах. Во-первых, в сфере производства машины, проявляясь в ее себестоимости (и цене); во-вторых, в сфере эксплуатации. Эксплуатационные расходы складываются из затрат на эксплуатационные материалы, прежде всего топливо, и затрат на техническое обслуживание. Очевидно, что при улучшении обтекаемости (аэродинамики) легкового автомобиля или автопоезда расход горючего снижается, а воздействовать на это может в первую очередь дизайнер путем создания рациональной формы кузова. Рациональная компоновка салона городского автобуса позволяет уменьшить время входа-выхода пассажиров, т.е. время пребывания машины на остановках, повышается средняя скорость движения автобуса, сокращается себестоимость перевозки в пересчете на одного пассажира. Тот же эффект может дать разумное увеличение вместимости автобуса.

*Эстетический аспект* проявляется прежде всего в привлекательности автомобиля или трактора для потенциального покупателя, в его конкурентоспособности. Но не только в этом выражается влияние эстетических свойств автомобилей на общество. Автомобили во многом формируют облик современных городов, оказывают большое влияние на сельский пейзаж (скоростные автодороги, - путепроводы, мосты). Влияние тракторов менее выражено, потому что они обычно используются вне большого скопления людей, и их воздействие на развитие общества сказывается скорее в результатах их работы: в возделанных полях, построенных дорогах и т. п.

Не будет преувеличением сказать, что легкой автомобиль в известной мере является законодателем моды, существует и несомненное влияние моды на автомобиль. Взаимное влияние автомобиля на моду и моды на автомобиль является также и социальным фактором.

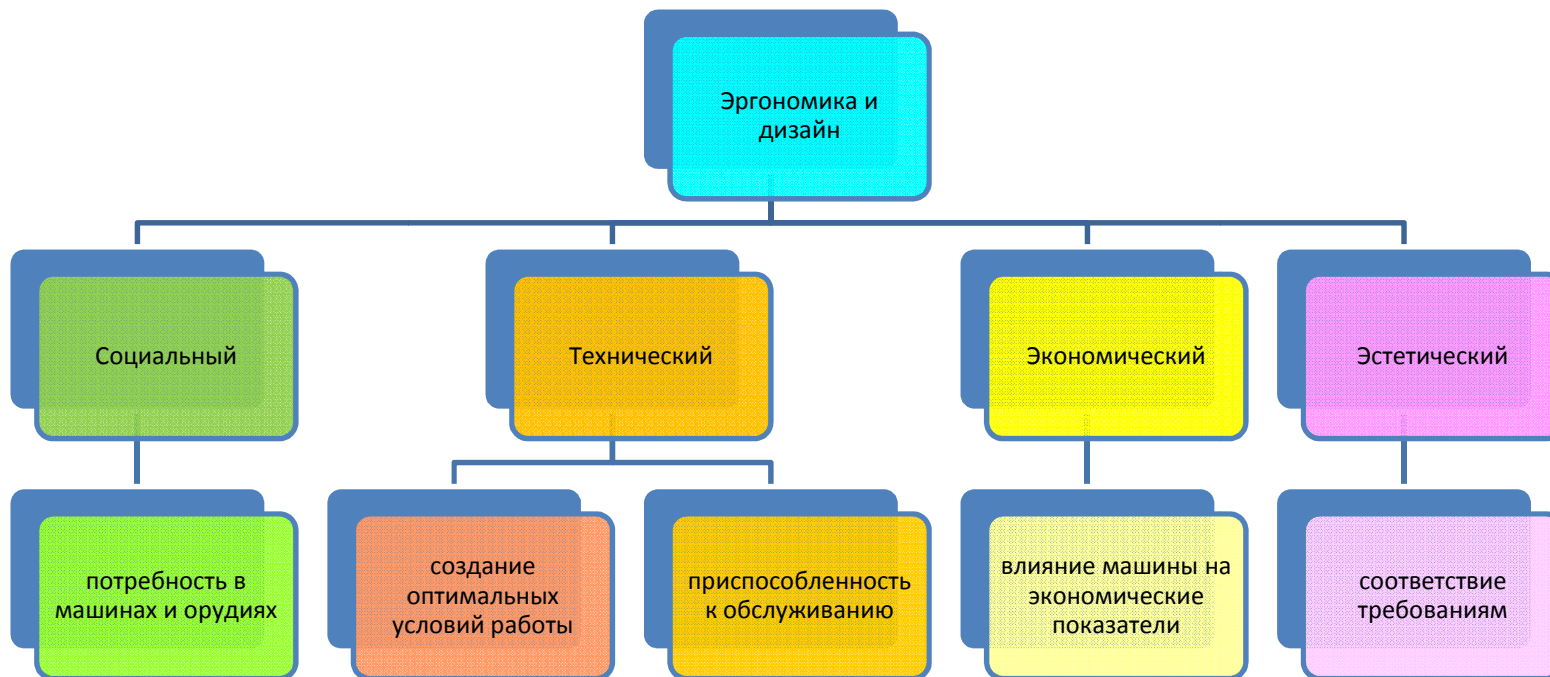


Рисунок 1.1 - Аспекты эргономики и дизайна

# 1 АНТРОПОМЕТРИЯ И МАШИНА

## 1.1. Основные сведения об антропометрии

Каждый человек из личного опыта знает, что все люди различаются ростом, комплекцией, осанкой, размерами частей тела. Каждый человек неповторим, найти двух абсолютно одинаковых людей невозможно. Поэтому перед конструктором, занимающимся проектированием автомобиля или трактора, стоит весьма непростая задача.

Казалось бы, можно выбрать достаточно большие размеры, определяющие положение водителя и пассажира в кузове, но тогда неизбежно увеличатся размеры пассажирского салона или кабины, масса машины, материалоемкость конструкции и цена машины. Человек небольшого роста в таком автомобиле или тракторе будет испытывать определенные неудобства: ему будет трудно доставать ногами и руками до органов управления, возникнут проблемы с обзорностью.

Конечно, можно пойти другим путем. Выбрать достаточно большое число людей — потенциальных пользователей, тщательно обмерить элементы их тел, вычислить средние значения размеров и на основании этих данных сконструировать рабочее место водителя и места пассажиров для «среднего» человека. Но тогда будут недовольны конструктором люди, размеры которых отличаются от средних, — а их большинство.

Конструктор должен компоновать места для водителя и пассажиров таким образом, чтобы обеспечить наибольшие удобства для людей любого роста и пропорций тела или хотя бы для большинства людей, а для этого необходимо, прежде всего, знать реальные величины, характеризующие параметры этих людей. От этого зависит надежность функционирования всей системы «человек-машина-окружающая среда», т.е. безопасность на улицах и дорогах.

Изучением размеров человеческого тела и его частей занимается антропометрия (от греч. *anthropos* — человек и *metreo* — измеряю). Поскольку все люди различны, в антропометрии применяются статистические методы. Размеры тела человека и его отдельных частей определяются антропометрическими характеристиками (АХ).

**Антропометрическая характеристика** — это величина, измеряемая в линейных, угловых единицах или единицах массы, соответствующая размерным характеристикам и характеристикам массы частей человеческого тела и взаимного их расположения. Антропометрическими характеристиками являются, например, рост человека, окружность головы, длина голени, масса тела, углы вращения в суставах и т.д.

Различают классические и эргономические антропометрические признаки. Первые используются при изучении пропорций тела, возрастной морфологии, для сравнения морфологических характеристик различных групп населения, а вторые — при проектировании изделий и организации труда.

Антропометрические характеристики являются случайными величинами, подчиняющимися нормальному закону распределения (рис. 1.2).

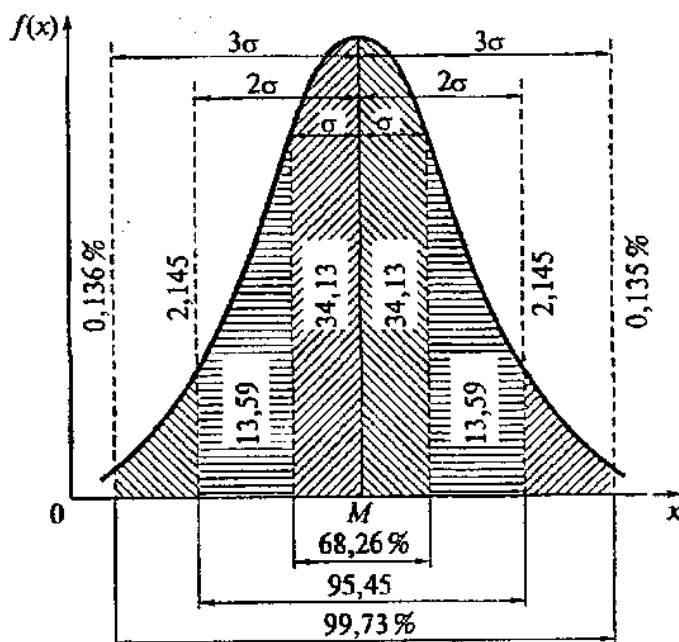


Рис. 1.2 - График нормального распределения случайной величины антропометрической характеристики



На графике нормального закона распределения случайной величины по оси абсцисс откладывается значение случайной величины  $x$  (применительно к нашему случаю — числовое значение антропометрической характеристики), по оси ординат —  $f(x)$  — вероятность появления того или иного значения случайной величины (в процентах или долях единицы). Среднее, наиболее вероятное значение случайной величины — математическое ожидание  $M$  соответствует максимуму кривой распределения, ее «горбу». Ширина кривой распределения, ее растянутость по горизонтали, показывает изменчивость, варьирование случайной величины, которая характеризуется среднеквадратическим отклонением  $s$  относительно математического ожидания  $M$ . Площади, заключенные под участками кривой распределения, показывают, какое количество случайных величин попадает в эти зоны. В зону  $\pm\sigma$  относительно математического ожидания  $M$  попадает 68,25 % всех случайных величин, в зону  $\pm 2\sigma$  — 95,45 %, а в зону  $+3\sigma$  — 99,73%.

В антропометрии вероятность попадания какой-либо антропометрической характеристики в ту или иную зону кривой распределения принято оценивать в перцентилях.

**Перцентиль** — сотая доля объема всей совокупности людей, подвергавшихся антропометрическим исследованиям.

Если площадь, находящуюся под кривой нормального распределения, разделить на 100 равных частей (процентов), то получится соответствующее число перцентилей. Каждый из них имеет порядковый номер. На долю 1-го перцентиля приходится 1 % всех результатов наблюдений (наименьшее значение антропометрической характеристики), на долю 2-го — 2 % результатов наблюдений (значение антропометрической характеристики несколько больше) и т.д. При нормальном законе распределения 50-й перцентиль соответствует средней арифметической величине (математическому ожиданию, моде, медиане).

Порядок определения антропометрических характеристик поясним на примере (все числа и понятия в данном примере — условные).

Предположим, требуется определить антропометрическую характеристику «рост» для студентов какого-либо факультета института. Проводим измерения роста всех студентов факультета, которых оказалось 620 человек. В результате получается некоторый массив из 620 случайных чисел. Самый маленький рост (145 см) имеет только одна студентка, самый большой (195 см) — также только один студент. Начинаем строить график распределения случайной величины «рост» (рис. 1.3).

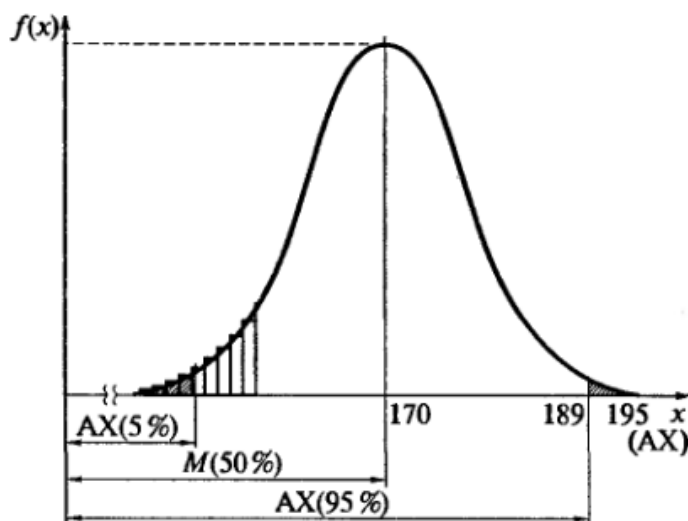


Рис. 1.3 - Построение кривой распределения значений антропометрической характеристики

На оси абсцисс в каком-либо масштабе откладываем размер 145 и на этой отметке вверх откладываем ординату, соответствующую (также в выбранном масштабе) единице, поскольку получен только один размер 145 см. Затем, отступив вправо по оси абсцисс на величину, равную  $1/100$  от диапазона изменения измеренных значений роста (от 145 до 195 см), откладываем вверх ординату, соответствующую росту 146 см. Предположим, таких замеров получилось три, соответственно откладываем вверх ординату, соответствующую числу 3. Продолжая построения, получим столбчатую диаграмму, изображающую реальное распределение роста студентов в нашем эксперименте.

Фрагмент этой диаграммы показан в левой части графика. Замечаем, что число одинаковых значений роста (с выбранной нами точностью 1 см) вначале увеличивается, а затем, после роста 170 см, начинает убывать, и, наконец, самый высокий рост 195 см встречается один раз. Это последний столбик на диаграмме. При очень большом (теоретически — бесконечно большом) числе измерений и очень малом (теоретически — бесконечно малом) интервале между значениями полученных случайных величин — «верхушками» столбиков — образуется плавная непрерывная кривая, подобная изображенной на рисунке 1.2.

В реальности получить бесконечно большое число замеров нельзя, но существуют математические методы, позволяющие при ограниченном числе измерений получить достоверную плавную кривую распределения. Она показана на рисунке 1.3. Максимум кривой распределения в нашем случае приходится на рост 170 см, это «самый средний» из полученных нами замеров, иначе говоря, это рост, соответствующий математическому ожиданию. Половина (50 %) обследованных нами студентов имеет рост меньше такого или такой, и можно сказать, что рост 170 см соответствует 50-му перцентилю или 50%-ному уровню репрезентативности.

Уровень репрезентативности — величина, выражаемая в процентах, соответствующая части населения при сплошном отборе индивидов, у которой численное значение какого-либо антропометрического признака меньше или равно его заданному значению.

Теперь на графике (см. рис. 1.3) отметим величину, соответствующую 5 % всех обмеренных студентов. Рост, меньший или равный полученному (предположим, в нашем случае это 151 см), соответствует 5-му перцентилю, или 5%-ному уровню репрезентативности. Таким же образом получим рост, соответствующий 95%-ному уровню репрезентативности, или 95-му перцентилю. Предположим, что это 189 см.

Итак, если мы говорим «5-й перцентиль» или «5%-ный уровень репрезентативности», это означает, что 5 % людей имеют такие или меньшие ан-

тропометрические характеристики. Это люди небольшого размера. Соответственно, человек 95-го перцентиля, или 95 %-ного уровня репрезентативности, имеет такой рост, что 95 % людей ниже него (или имеют такой же рост). Это высокий человек. Таким же образом, ровно половина людей, прошедших антропометрические измерения, имеет рост, меньший, чем соответствующий 50-му перцентилю (50 %-ному уровню репрезентативности), или равный ему.

В идеальном случае размеры рабочего места водителя (оператора) должны быть такими, чтобы все взрослое население было в состоянии управлять данной машиной. Практически считается достаточным, чтобы около 90 % людей — потенциальных операторов — могли удобно располагаться на рабочем месте, оставшиеся 5 % людей самого малого роста и 5 % самых высоких людей будут испытывать некоторые неудобства, обычно вполне допустимые. Поэтому в конструкторской практике при компоновке рабочего места водителя автомобиля или трактора чаще всего используют размеры тела человека, соответствующие 5-му (или 10-му) и 95-му перцентилю (5%-ному и 95%-ному уровням репрезентативности). Некоторые размеры кабины проверяются применительно к 50-му перцентилю (50%-ному уровню репрезентативности).

В таблице 1.1 приведены данные, позволяющие определить численность людей, выраженную в процентах, размерам которых будет удовлетворять данная компоновка рабочего места оператора (водителя).

Таблица 1.1 - Численность людей, размеры которых содержатся в выбранном интервале

Интервал	Перцентиль (уровень репрезентативности), %	Численность людей, АХ которых содержатся в выбранном интервале, %
$M \pm 2,5\sigma$	1...99	98
$M \pm 2a$	2,5...97,5	95
$M \pm 1,65\sigma$	5...95	90
$M \pm 1,15a$	12,5 ...87,5	75
$M \pm 0,67\sigma$	25 ...75	50

Антропометрические характеристики можно условно разделить на статические и динамические (рис. 1.4). Условно — потому что все антропометрические характеристики определяются в статике, при неизменной позе обследуемого.

Под *статическими* антропометрическими характеристиками мы будем понимать линейные или угловые величины, характеризующие размеры частей тела человека, а под *динамическими* — линейные и угловые размеры, характеризующие углы вращения в суставах, зоны досягаемости при различных позах человека и т. п.

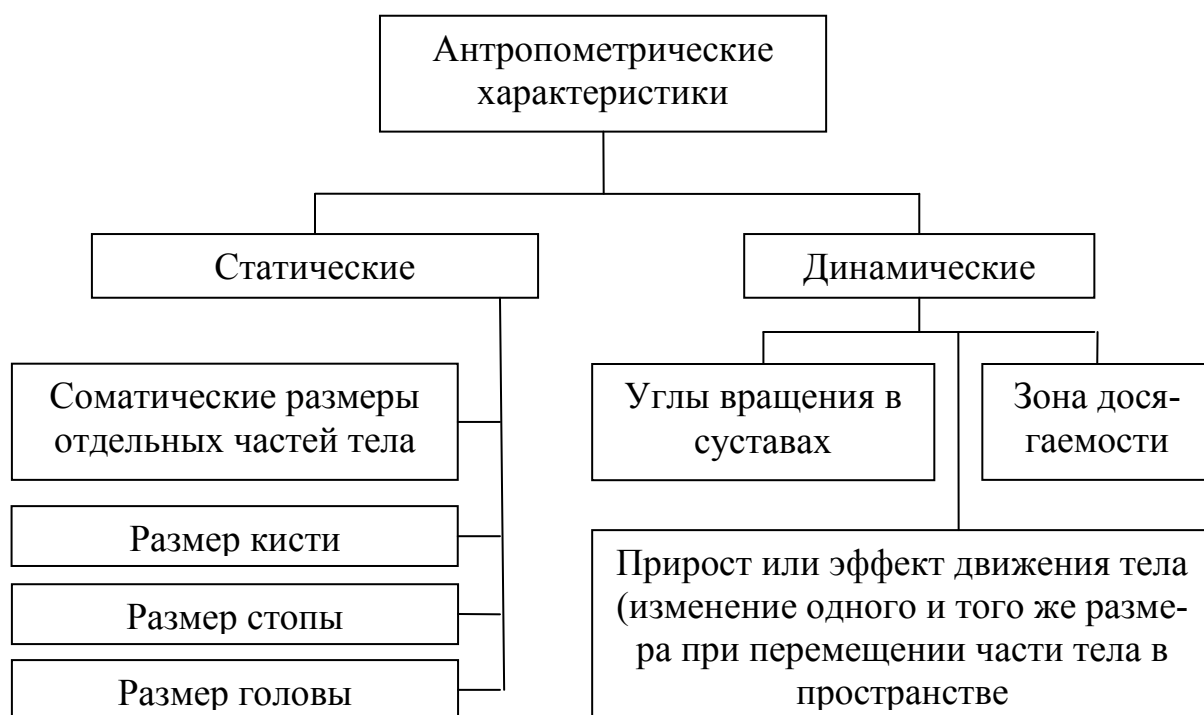


Рис. 1.4 - Условная классификация антропометрических характеристик

Статические антропометрические характеристики используют для определения общих размеров рабочего места оператора, расположения и размеров сиденья, органов управления и других параметров; динамические антропометрические характеристики — для назначения амплитуды рабочих движений рычагов, педалей и других органов управления, определения зон досягаемости при различных положениях тела человека и т. п.

На рисунке 1.5 показаны основные антропометрические характеристики, а в таблице 1.2 приведены численные значения этих антропометрических характеристик и указаны области их применения.

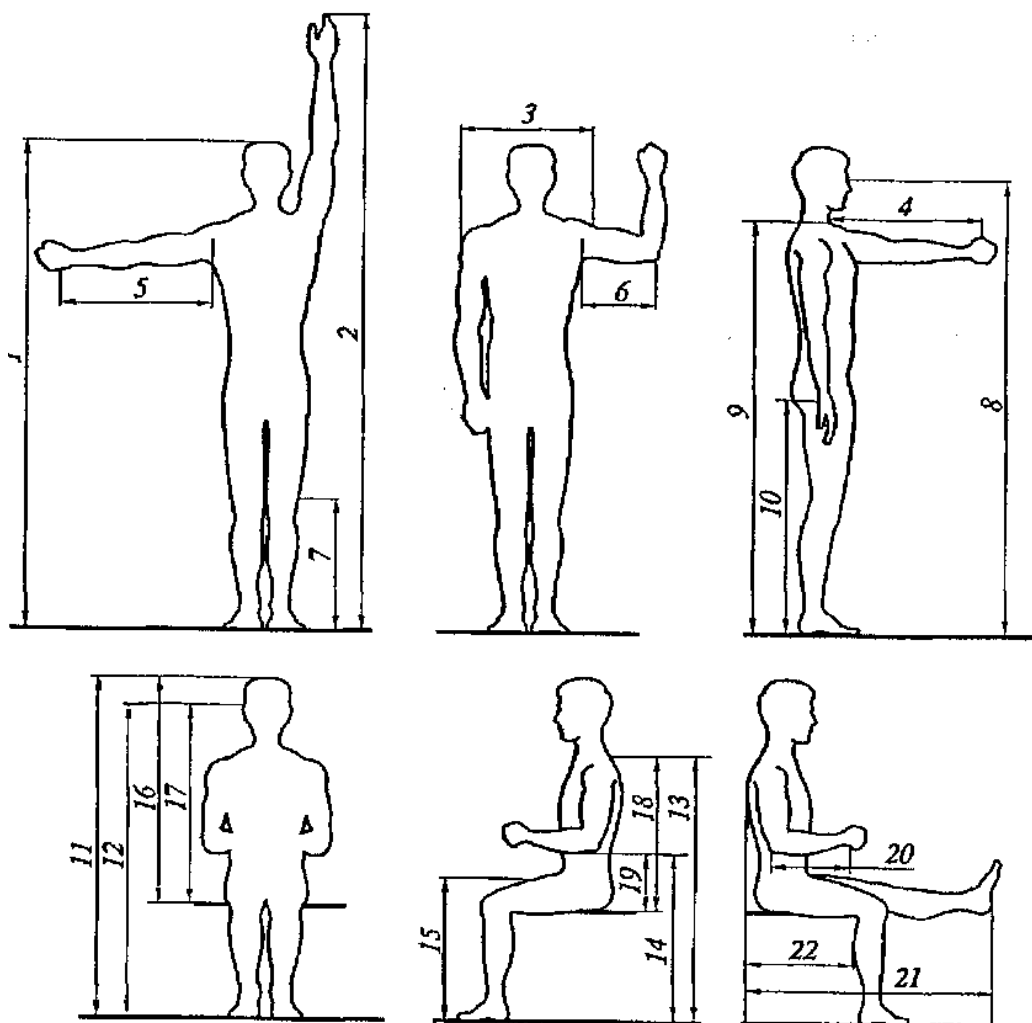


Рис. 1.5 - Основные антропометрические характеристики (наименования и численные значения антропометрических характеристик см. в табл. 1.2)

Таблица 1.2 - Основные размеры тела человека (статические характеристики)

Антропометрическая характеристика (см. рис. 1.4)	Размеры, см				Область применения
	Мужчины		Женщины		
	<i>М</i>	<i>а</i>	<i>М</i>	<i>а</i>	
1	2	3	4	5	6
<i>Рабочая поза — стоя</i>					
Длина тела (рост) (7)	167,8	5,8	156,7	5,7	Определение высоты оборудования, высоты пассажирского салона автобуса

## Окончание таблицы 1.2.

1	2	3	4	5	6
Длина тела с вытянутой вверх рукой (2)	213,8	8,4	198,1	7,6	Зоны досягаемости по вертикали, поручни пассажиров автобуса
Внешняя ширина плеч (3)	44,6	2,2	41,8	2,4	Размеры кузова по ширине
Длина руки, вытянутой вперед (кулак сжат) (4)	64,2	3,3	59,3	3,1	Зоны досягаемости по глубине
Длина руки, вытянутой в сторону (кулак сжат) (5)	62,3	3,3	56,8	3,0	То же
Длина плеча (6)	32,7	1,7	30,2	1,6	Высота рабочей зоны и органов управления
Высота коленного сустава (7)	90,1	4,3	83,5	4,1	То же
Высота глаз от пола (8)	155,9	5,8	145,8	5,5	Высота рабочей поверхности, зоны обзора
Высота плечевой точки (9)	137,3	5,5	128,1	5,2	Высота рабочей поверхности и органов управления
Высота ладонной точки (10)	51,8	3,5	48,3	3,6	Зоны захвата
<i>Рабочая поза — сидя</i>					
Длина тела (77)	130,9	4,3	121,1	4,5	Высота кабины
Высота глаз от пола (12)	118,0	4,3	109,5	4,2	Высота рабочей поверхности, средств индикации
Высота плеча от пола (73)	100,8	4,2	92,9	4,1	Высота рабочей поверхности, зоны управления рычагами
Высота локтя (14)	65,4	3,3	60,5	3,5	То же
Высота колен (75)	50,6	2,4	46,7	2,4	Высота сиденья
Длина части тела от сиденья (76)	88,7	3,1	84,1	3,6	Высота кабины
Высота глаз от сиденья (77)	76,9	3,0	72,5	2,8	Обзорность дороги и приборов
Высота плеча от сиденья (18)	58,6	2,7	56,0	2,7	Размещение рабочей поверхности и органов управления
Высота локтя от сиденья (79)	23,2	2,5	23,5	2,5	Размещение подлокотников
Длина предплечья (кулак сжат) (20)	36,4	2,0	33,4	1,8	Зоны досягаемости по глубине
Длина вытянутой ноги (21)	104,2	4,8	98,3	4,7	Размещение пола кабины и педалей
Длина бедра (22)	59,0	2,7	56,8	2,8	Размеры сиденья

Численные значения антропометрических характеристик используются следующим образом.

Предположим, что требуется определить внешнюю ширину плеч (обозначим ее  $A$ ) для манекена мужчины 95-го перцентиля. Для этого к математическому ожиданию  $M$  внешней ширины плеч мужчины из табл. 1.2 следует прибавить среднеквадратическое отклонение  $a$  с соответствующим коэффициентом из табл. 1.1 (для 95-го перцентиля этот коэффициент равен 1,65).

В результате получим:

$$A = M + 1,65a = 44,6 + 1,65 \cdot 2,2 = 49,7 \text{ см.}$$

Та же антропометрическая характеристика (внешняя ширина плеч) для манекена женщины 25-го перцентиля определится так:

$$A = M - 0,67a = 41,8 - 0,67 \cdot 2,4 = 40,2 \text{ см.}$$

Таблица 1.3 - Антропометрические признаки русских мужчин (возраст 18—21 год)<sup>1</sup>

Наименование признака	Значения признаков мужчин, мм			
	5-й перцентиль	95-й перцентиль	$M$	$a$
1	2	3	4	5
Длина: тела (рост)	1 614	1 831	1 723	66,2
руки	706	833	769	38,5
ноги	857	1 014	933	47,9
плеча	298	362	333	19,6
предплечья	222	280	251	17,5
стопы	247	287	267	12,2
Высота над полом: глаз	1 493	1 700	1 597	62,9
плеча	1 326	1 530	1 428	61,9
локтя	1 003	1 145	1 074	43,3
Передняя досягаемость руки				45,6
Наибольший поперечный диаметр тела				28,7
Наибольший передне-задний диаметр тела				19,2
Высота над сиденьем: верхушечной точки	859	951	905	27,8
плеча	552	647	560	28,8
глаз	731	817	731	26,2
локтя	187	271	229	24,9
бедра	128	172	150	13,3
Высота верхушечной точки над полом в положении сидя	1 274	1 444	1 359	51,6
Высота колена над полом				27,2



## Окончание таблицы 1.3.

1	2	3	4	5
Спинка сиденья — передняя поверхность туловища				17,8
Длина вытянутой вперед ноги	1 021	1 187	1 004	50,4
Наибольшая ширина таза с учетом мягких тканей				19,1
Наибольшая межлоктевая ширина				31,0
Спинка сиденья — колено				33,8

Необходимо помнить, что наибольшие различия в размерах тела — индивидуальные (внутригрупповые), а затем межгрупповые (половые, возрастные, этнические).

При расчете параметров рабочих мест необходимо предусматривать возможность комфортной деятельности для основной массы людей, размеры которых находятся в границах от 5 до 95 перцентиля, а не проектировать, ориентируясь только на 50-й перцентиль, который соответствует размерам тела в покое.

При проектировании изделий, оборудования, организации интерьеров и рабочих мест необходимо помнить, что удобство их эксплуатации должно обеспечиваться для 90 % работающих или отдыхающих. Поэтому в практике проектирования чаще используют значения антропометрических признаков, соответствующих 5-му и 95-му перцентильям, а также 50-му.

Например, если необходимо определить высоту или ширину прохода, высоту пространства под крышкой стола (для размещения ног сидящего), то надо принимать значения соответствующих признаков, равные 95-му перцентиллю, а при определении высоты сиденья — значения, соответствующие 50-му перцентиллю. В таком случае габаритные размеры пространства или изделия будут удовлетворять максимальное количество людей.

Казалось бы, совершенно излишне говорить о необходимости общей компоновки оборудования и расположении органов управления таким образом, чтобы было удобно работать, не меняя положения тела. Но на практике об этом часто как бы забывают. Например, органы управления серийного то-

карного станка расположены так, что они трудно доступны для условного среднего мужчины без глубоких наклонов вперед и в стороны, перемещений вдоль станка влево и вправо. Английские специалисты по этому поводу шутят, что за таким станком может оперативно работать только некий «идеальный» оператор с сильно деформированными пропорциями: рост 1372 мм (усредненное значение 1 740 мм), ширина плеч 610 мм (470—500 мм), размах рук 2 348 мм (1830 мм).

Для определения размеров элементов и изделий для детей пользуются антропометрическими признаками, сгруппированными по ростовым группам.

При использовании числовых значений антропометрических признаков, приведенных в таблицах 1.2 , 1.3 и на рис. 12, необходимо иметь в виду, что они даны для обнаженного тела.

При компоновке рабочего места оператора необходимо учитывать увеличение размеров тела, связанное с одеждой. Водитель может быть одет в легкую или теплую одежду, при этом увеличение размеров тела, естественно, будет разным (табл. 1.4).

Некоторые динамические антропометрические характеристики, связанные с углами вращения в суставах (амплитуды рабочих движений), показаны на рисунке 1.5, а в таблице 1.4 приведены численные значения угловых амплитуд движений различных частей тела.

Таблица 1.4 - Поправки на одежду и обувь

Антропометрическая характеристика	Увеличение на одежду, мм	
	легкую	теплую
1	2	3
Высота плеч в положении стоя	30	>49,5
Рост в положении сидя (без учета головного убора)	—	5,0.-7,5
Высота глаз в положении сидя	—	5,0 ...7,5
Высота плеч в положении сидя	5,0	30,0... 32,5
Высота колена в положении сидя (обувь + одежда)	25,0	>37,5
Длина руки вместе с мышцами спины (в перчатках)	7,5	12,5
Длина плеча	5,0	25,0
Ширина плеч	7,5	37,5
Длина предплечья с кистью (в перчатках)	5,0	20...25
Ширина локтей	12,5	100 ...125

1	2	3
Ширина ладони на уровне запястья (в перчатках, при рукавицах больше)	—	5... 10
Переднезадний размер грудной клетки	12,5	50,0
Толщина ягодиц	25,0	62,0
Длина бедра	5,0	17,5
Ширина бедер	12,5	£37,5
Ширина коленей	12,5	50,0
Длина стопы	30,0	30,0

Помимо кинематических характеристик движений человека, большое значение имеют временные характеристики, т. е. время, которое проходит от получения человеком-оператором сигнала (например, отклонение стрелки какого-либо прибора на панели) до приведения в действие соответствующего органа управления. Определить это время можно при следующих испытаниях.

Испытуемый человек должен с возможной максимальной скоростью выполнить то или иное рабочее движение (нажать кнопку, передвинуть рычаг, повернуть штурвал и т.п.) в ответ на известный ему, но внезапно появляющийся сигнал (вспышка сигнальной лампы, резкий звук). Время реакции складывается из латентного периода и времени моторного (двигательного) ответа.

*Латентный* (скрытый) период - время с момента возникновения какого-либо раздражителя до появления ответной реакции организма.

Для простой двигательной реакции на различные раздражители латентный период имеет следующие значения:

<i>Раздражитель</i>	<i>Латентный период, мс</i>
Тактильный (прикосновение) .....	90...220
Слуховой (звук) .....	120... 180
Зрительный (вспышка света) .....	150 ...220
Обонятельный (запах).....	310. 390
Температурный (тепло, холод).....	280...360

Вкусовой (соленое, горькое).....	310...1080
Болевой (укол) .....	130...890

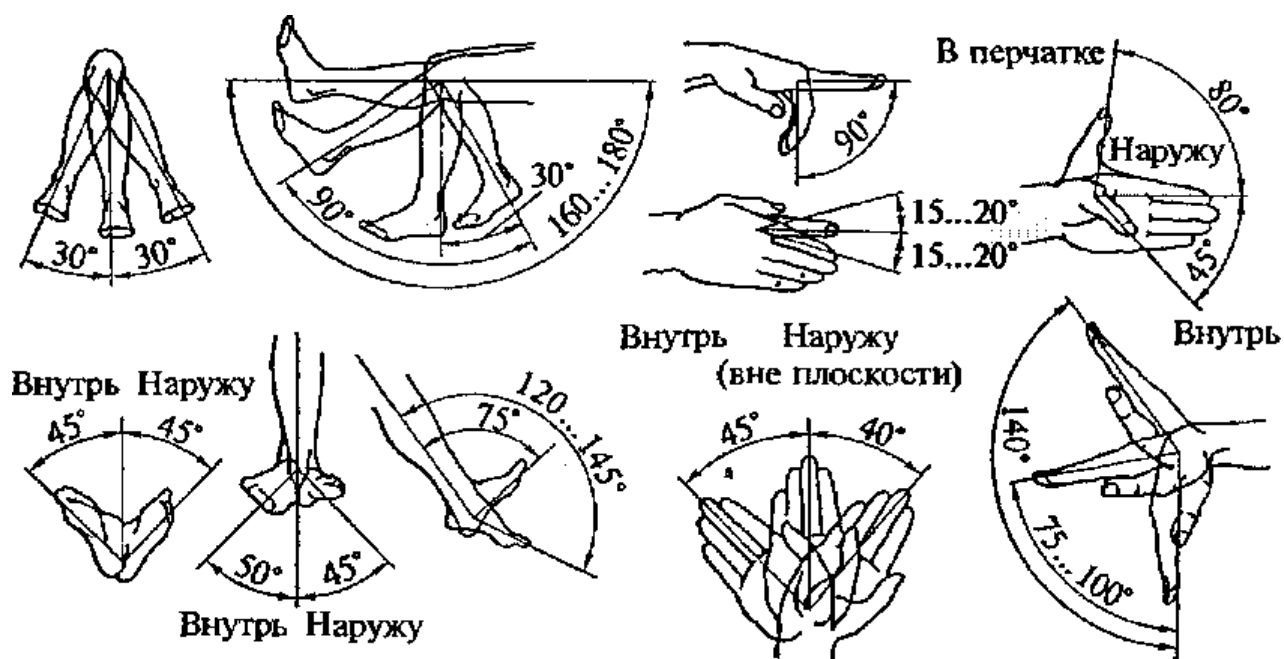


Рис. 1.6 - Амплитуды движений некоторых частей тела

Таблица 1.5 - Амплитуда движений различных частей тела

Часть тела	Характер движения	Угол поворота, *	
		Среднее значение $M$	Разброс $M+a$
1	2	3	4
Рука	Разгибание (движение вверх)	85	50... 110
	Сгибание (движение вниз)	53	31...88
	Отведение (движение в сторону)	40	22...59
	Приведение (движение внутрь)	35	20...54
	Угол между продольной осью предплечья и осью цилиндра, зажатого в руке	100	90... 110
	Отведение из исходного положения	179	153 ...215
	Приведение из исходного положения	73	40... 89
Голова	Наклон головы назад	60	34... 85
	Наклон головы вперед	44	25... 70
	Наклон головы вправо	40	24... 60
	Наклон головы влево	42	26... 62
	Поворот головы вправо	72	53... 86
	Поворот головы влево	73	55... 86

Окончание таблицы 1.5.

1	2	3	4
Стопа	Разгибание (движение вверх)	27	14...39
	Сгибание (движение вниз)	39	27... 53
	Отведение (движение в сторону)	35	22... 56
	Приведение (движение внутрь)	33	20...48

Латентный период реакции на разные сигналы светофора не одинаков (табл. 1.6).

Таблица 1.6 - Статистические параметры латентного периода реакции на сигналы светофора

Сигнал	Математическое ожидаемые $M$ , с	Среднеквадратическое отклонение $\sigma$ , с
Зеленый	0,39	0,12
Желтый	0,37	0,10
Красный	0,34	0,08

*Полное время реакции* — период между моментом возникновения сигнала (смена сигналов светофора, начало звукового сигнала) и окончанием управляющего действия по этому сигналу (нажатие педали, переключение тумблера, поворот рукоятки) — определяется суммой трех составляющих:

- латентный период реакции;
- время движения руки или ноги к органу управления (двигательная составляющая);
- время преодоления свободного хода органа управления.

Двигательная составляющая времени реакции зависит от того, какие именно движения должны совершаться для управляющего воздействия. Можно считать, что перемещение руки к органу управления производится со скоростью 0,35 м/с, сгибание или разгибание руки — 0,7... 1,7 м/с. Время простого движения ногой или ступней 0,36 с, а со значительным усилием — в два раза больше.

Время на преодоление свободного хода органа управления оценивается для каждого конкретного случая, но в большинстве случаев конструктор старается свести его к минимуму.

Более быстрыми движениями являются: по направлению к телу, в вертикальной плоскости, сверху вниз, справа налево, вращательные, с большой амплитудой. Менее быстрые движения: от тела, в горизонтальной плоскости или под углом к ней, снизу вверх, слева направо, поступательные, с небольшой амплитудой. Наименьшее время требуется для движения пальцами. Если принять его за единицу, то для движения кисти потребуется вдвое больше времени, на движение кисти и пальцев — втрое, руки в плечевом суставе — в четыре раза больше. Наклон корпуса и подъем его из этого положения потребует семнадцати единиц времени.



Рис. 1.7 - Зависимость скорости от направления движения

Конкретное время движений, с:

Движение пальцами ..... 0,17

Движение кистью ..... 0,33

Нажатие ногой на педаль ..... 0,72

При повышении точности движений время увеличивается.

Приведенная информация относительно времени реакции человека соответствует простейшему случаю. Практически время больше, потому что оператор (водитель) должен из множества поступающей информации выбрать нужную, которая требует управляющего воздействия, осмыслить эту информацию и принять решение, а уже затем производить те или иные движения. Время реакции увеличивается из-за информационного шума — избыточной и ненужной информации, раздражающих световых и звуковых сигналов, обилия приборов на приборной панели и т.д. На время реакции влияют также некомфортные условия на рабочем месте: вибрации, климатические факторы, неудобная рабочая поза, необходимость поворачивать голову для считывания показаний приборов, световые блики на стеклах приборов и многое другое.

Динамическими антропометрическими характеристиками являются также зоны видимости, причем эти зоны могут определяться при неизменном положении головы (обзорность обуславливается только движением глаз) или при поворотах и наклонах головы.

На рисунке 1.8 приведены зоны видимости, достижимые с учетом поворота головы в сторону взгляда (осредненные значения углов поворота головы см. в табл. 1.5). На рисунке 1.9 изображены зоны видимости в продольной вертикальной (сагиттальной) плоскости тела с учетом возможностей восприятия зрительной информации. Оптимальная (нормальная) линия взгляда соответствует минимальной активности мышц затылка и, следовательно, наименьшей утомляемости человека при данной рабочей позе.

Зоны видимости, представленные на рисунках 1.8, 1.9, построены с учетом уменьшения чувствительности глаза от центра поля зрения к периферии.

*Центром поля зрения* называется точка, на которую направлен сосредоточенный взгляд. Если световой сигнал находится на периферии поля зрения, то латентный период двигательной реакции увеличивается. Однако пе-

риферическое зрение более чувствительно к слабым и движущимся световым сигналам.

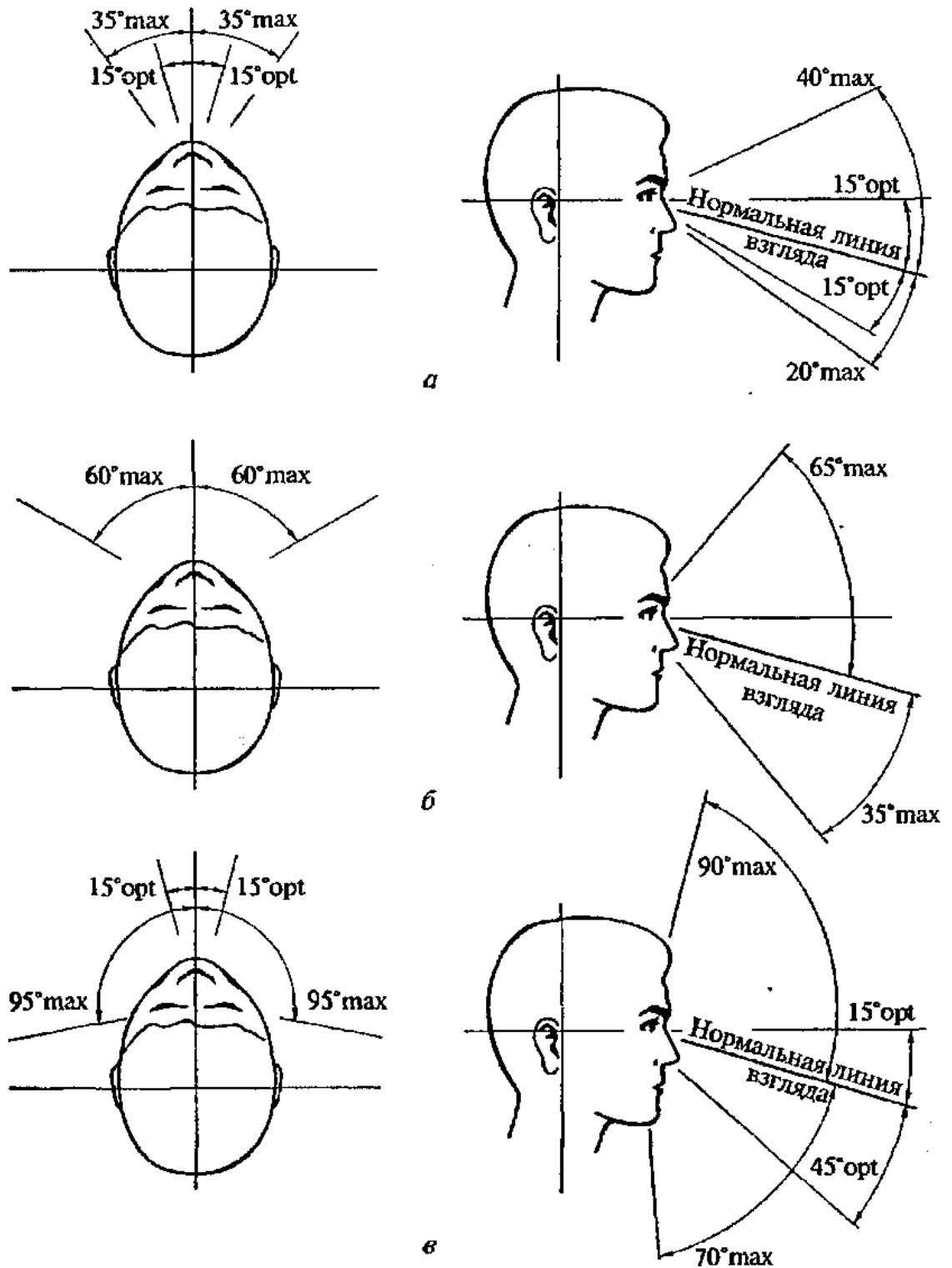


Рис. 1.8 - Зоны видимости в вертикальной и горизонтальной плоскостях при повороте: а — только глаз; б — только головы; в — головы и глаз



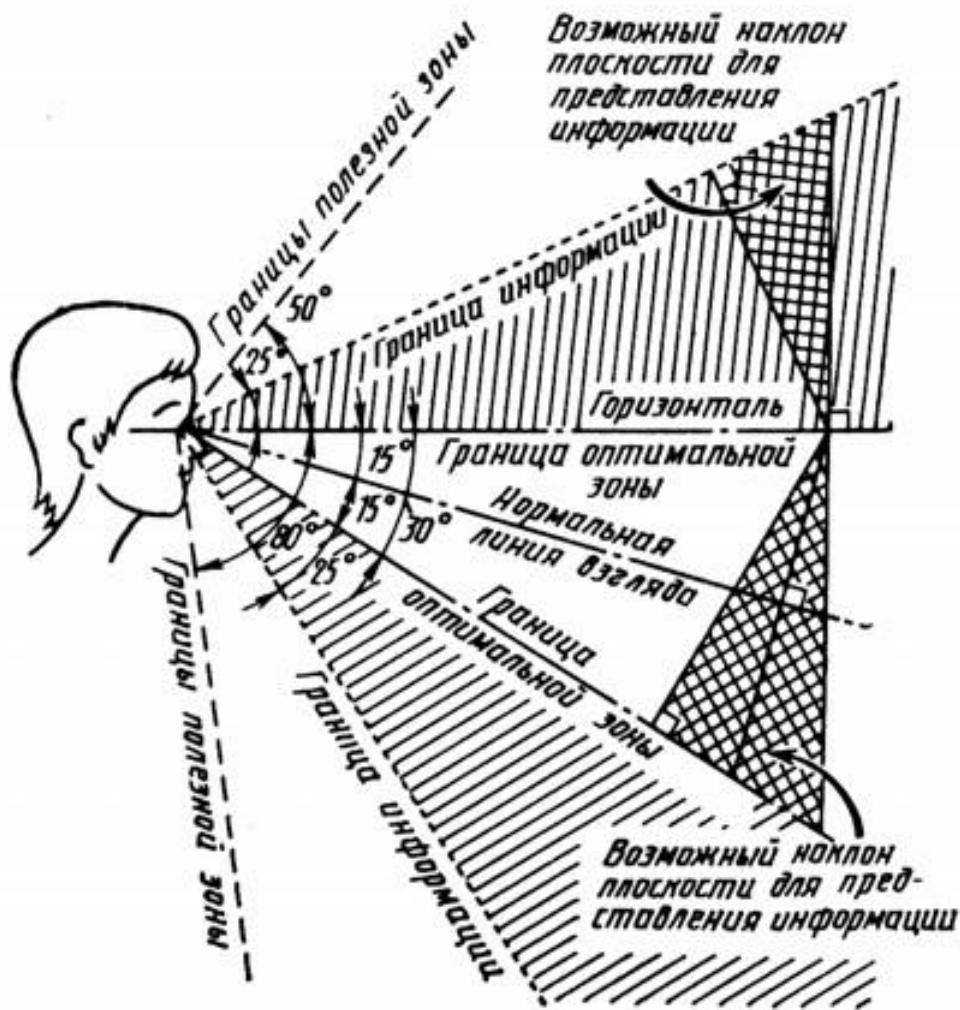


Рис. 1.9 - Зоны видимости в сагиттальной (продольной) плоскости

При поступлении такого сигнала человек переводит на него взгляд для детального анализа. В пределах поля зрения постоянно совершаются микродвижения глаз, причем эти движения происходят скачками. Время каждого такого скачка — сотые доли секунды. Время перевода взгляда с одной точки пространства к другой зависит от углового расстояния между этими точками и от маршрута движения взгляда. За счет микродвижений глаз производится поиск предмета, считывание показаний прибора, опознание предмета. Для выполнения этих функций оптимальна зона, ограниченная углом примерно  $15^\circ$  вверх-вниз и вправо-влево от нормальной линии взгляда.

Динамические антропометрические характеристики, в частности *зоны досягаемости*, часто определяются не только размерами частей тела человека, но и скоростью и точностью движений рук в этих зонах. Это правильно с

точки зрения практики, а формальные зоны досягаемости следует понимать как зоны рационального расположения органов управления. Пример расположения таких зон для работы оператора в положении сидя представлен на рисунке 1.10. При работе в положении стоя пределы зон досягаемости увеличиваются на 100...200 мм, потому что оператор может в более широких пределах перемещать корпус.

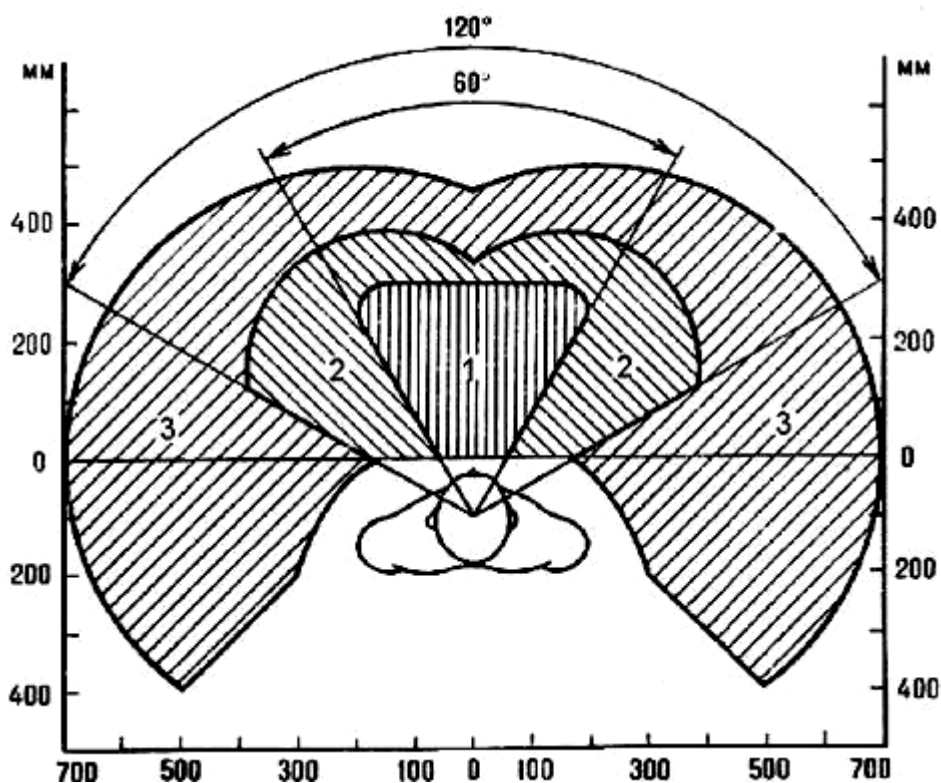


Рис. 1.10 - Зоны рационального размещения органов управления в горизонтальной плоскости для работы оператора в положении сидя:

1 — оптимальная зона; 2 — зона легкой досягаемости; 3 — зона досягаемости

Важным параметром является высота рабочей поверхности, на которой находятся основные предметы труда или органы управления (рис. 1.11).

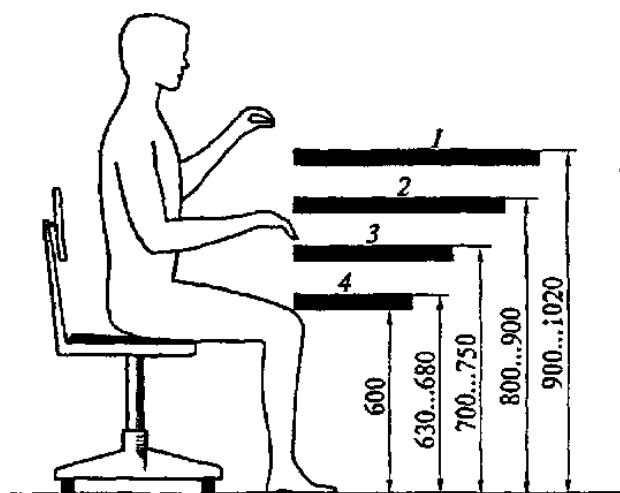


Рис. 1.11 - Рекомендуемая высота, мм, рабочей поверхности для разных видов и точности работы:

1 — очень точные и тонкие; 2 — точные на пультах; 3 — конторские; 4 — клавиатура компьютера

При назначении параметров, определяющих компоновку рабочего места оператора, прежде всего, необходимо определить круг пользователей. Очевидно, что машинистом экскаватора вряд ли будет работать хрупкая девушка, и в этом случае следует ориентироваться на антропометрические характеристики мужчин, скорее всего больших перцентилей. А компактным легковым автомобилем могут управлять и мужчины, и женщины.

Общие правила сводятся к тому, что параметры кабины автомобиля или трактора, определяющие размещение в ней водителя, следует выбирать, исходя из значений антропометрических характеристик, которые соответствуют высокому перцентилю. Напротив, при выборе положения ручных органов управления и педалей необходимо обеспечить удобство пользования ими для людей с большими и меньшими размерами. Необходимо также учитывать возможность регулировок элементов рабочего места водителя, прежде всего положения сиденья и рулевого колеса автомобиля или трактора. Недопустимо ориентироваться только на среднеарифметические значения антропометрических характеристик.

Антропометрические признаки определяются с учетом возрастных, половых, территориальных и других факторов, так как они существенно от них зависят. При использовании числовых значений антропометрических признаков следует учитывать их особенности, обусловленные полом, возрастом и этнической принадлежностью (рис. 1.12). Наиболее ярко выражены различия по половому признаку (табл. 1.7).

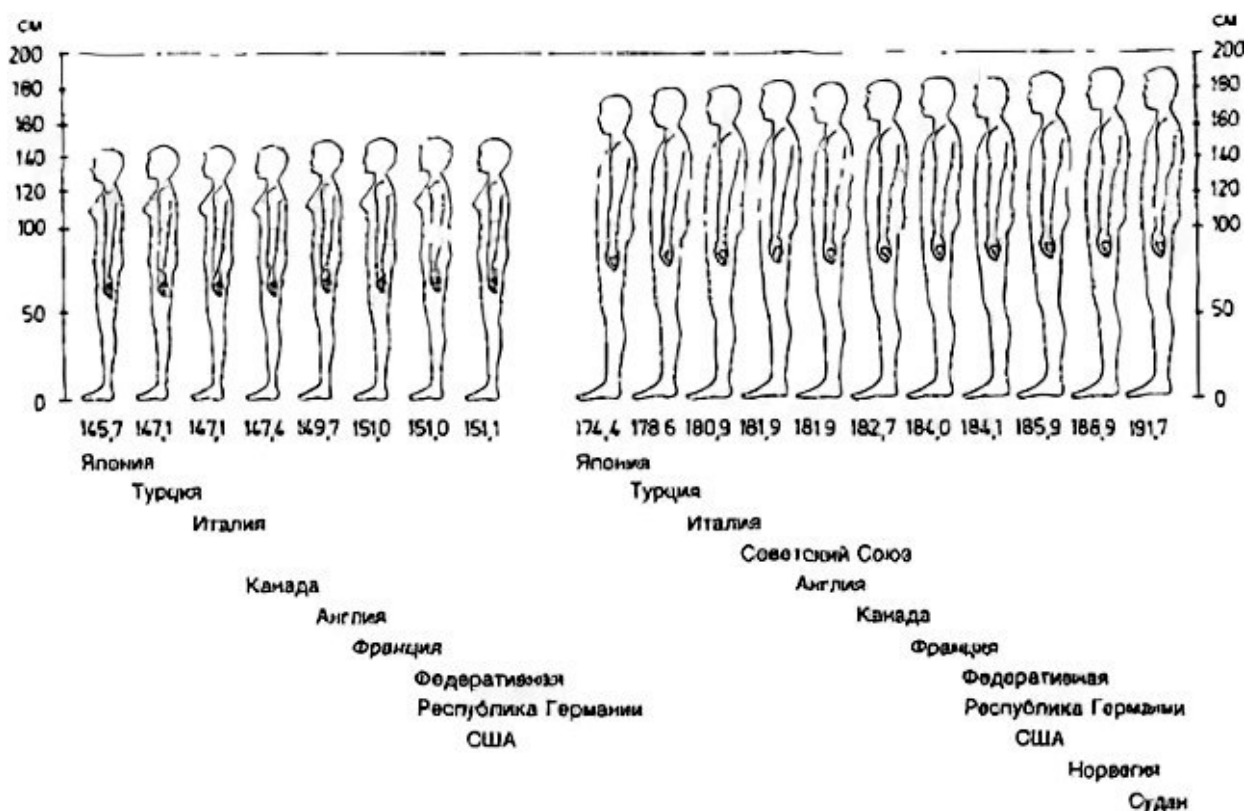


Рис. 1.12 - Рост женщин 5-го и мужчин 95-го перцентилей различных стран мира

Таблица 1.7 - Антропометрические различия, обусловленные половыми признаками

Признаки	Различия, см	
	мужчины	женщины
Продольные в положении стоя (высота точек над полом)	> на 7 - 12	-
Продольные в положении сидя (высота точек над сидением)	> на 3 - 6	-
Поперечные, передние задние и периметровые (верхняя часть тела)	> на 1 - 3	-
Поперечные, передние задние и периметровые (таза и бедер)	-	> на 1 - 3
Габаритные:	длина руки	> на 7 - 15
	длина ноги	> на 16 - 19

Этнические различия по группам размеров меньше, но значительны в продольном направлении (таблица 1.8).

Таблица 1.8 - Антропометрические различия, обусловленные этническими признаками

Признаки	Различия, см
Продольные в положении стоя	6 - 9
Продольные в положении сидя	2 - 4

Возрастные различия антропометрических признаков выражены не резко.

У молодых людей (20—30 лет) все продольные размеры на 5 см больше.

У лиц старшего возраста (30—50 лет) поперечные, передне-задние и охватные размеры больше на 5 см.

Наибольшие половые, этнические и возрастные различия наблюдаются в продольных размерах в положении стоя. В положении сидя эти размеры уменьшаются или вовсе исчезают, т.к. в положение стоя входит сильно варьирующийся признак длины ноги, во втором случае — длина туловища — признак слабо варьирующийся, мало изменившийся в процессе акселерации.

Известно, что люди разных национальностей существенно различаются по своим антропометрическим характеристикам. Средний японец, например, ниже среднего скандинава. Поэтому следует учитывать и предполагаемую страну или регион, где будет эксплуатироваться проектируемое транспортное или тяговое средство (страну возможного экспорта).

За последние десятилетия произошло заметное увеличение роста людей молодых поколений (акселерация). Это также приходится учитывать конструктору. В прикладной антропометрии принята следующая возрастная классификация: 18 —19, 20— 29, 30— 39, 40 — 49, 50—59 и более лет.

Помимо статических и динамических антропометрических характеристик при проектировании автомобиля или трактора используют так называемые *габаритные характеристики*. К ним относятся наибольшие на-

ружные размеры в продольном, поперечном и переднезаднем направлениях, а также массовые (весовые) характеристики. Габаритные характеристики используют при расчете максимального и минимального пространства, занимаемого телом человека, при определении размеров и конфигурации проходов, люков, аварийных выходов.

Важным элементом, определяющим рабочую позу оператора, является сиденье. Сиденья водителя автомобиля и трактора и пассажира имеют свои особенности, которые будут рассмотрены ниже, однако целесообразно ознакомиться с некоторыми общими сведениями, которые представлены на рисунке 1.13 и в таблице 1.9.

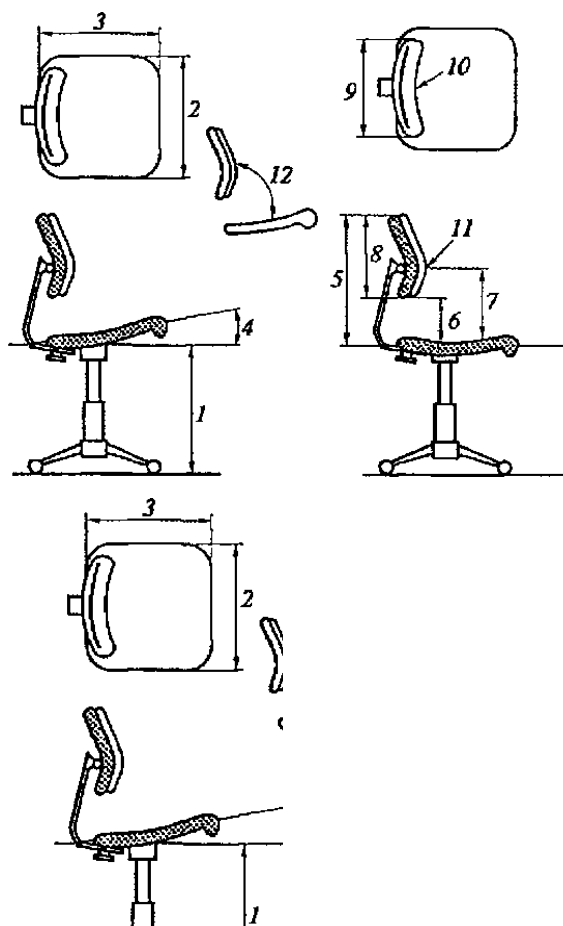


Рис. 1.13 - Размерные характеристики рабочих кресел (численные значения см. в таблице 1.9)

Таблица 1.9 - Рекомендуемые размеры рабочих кресел, мм

Позиция на рис. 1.13	Показатель	Российский стандарт	Немецкий стандарт	Британский стандарт	Шведский стандарт	Европейский стандарт
Сиденье						
1	Высота	-	420...540	430...510	390...510	390...540
2	Ширина	-	400...450	410	420	400
3	Глубина	-	380...420	360...470	380...430	380...470
4	Угол наклона	0...5	0...4	0...5	0...4	0...5
Спинка						
5	Высота верхней кромки	-	320	330	-	-
6	Высота нижней кромки	-	-	200	-	-
7	Высота опорной поверхности	150...280	170...230	-	170...220	170...260
8	Высота	-	≥ 220	-	≥ 220	≥ 100
9	Ширина	-	360...400	300...360	360...400	360...400
10	Горизонтальный радиус	460	400...700	310...460	400...600	Min 400
11	Вертикальный радиус	620	700	выпуклая	выпуклая	-
12	Угол наклона	95...110	-	-	-	-
Подлокотники						
-	Длина	-	200...280	200	≥ 200	≥ 200
-	Ширина	50...80	-	40	≥ 40	≥ 40
-	Высота	-	210...250	160...230	210...250	210...250
-	Расстояние между подлокотниками	-	480...500	470...560	≥ 460	460...500

Для управления каким-либо объектом с помощью ручных и ножных органов управления необходимо правильно задать усилия, с которыми оператор должен воздействовать на эти элементы. При слишком больших усилиях возникает преждевременное утомление человека, при слишком малых усилиях возможны ложные срабатывания органа управления, в особенности при колебаниях и вибрациях, характерных для автомобиля и трактора.

На рисунке 1.14 приведены значения усилий, которые человек может приложить к рычагам управления.

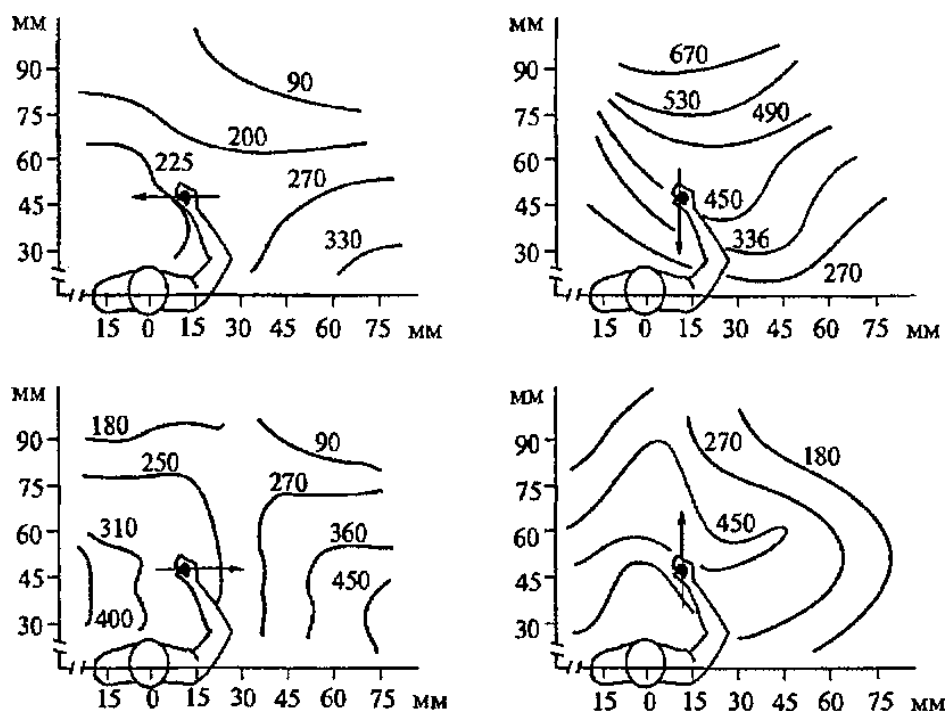


Рис. 1.14 - Средние значения усилий, Н, развиваемых мужчинами на рычаге управления в направлениях, указанных стрелками, при работе сидя (кисть перемещает рычаг в горизонтальной плоскости, расположенной на 250 мм выше тазобедренного сустава)

Усилие, которое человек может создать ногой при воздействии на педаль, зависит от высоты расположения педали относительно сиденья и от степени распрямления ноги (рис. 1.15).



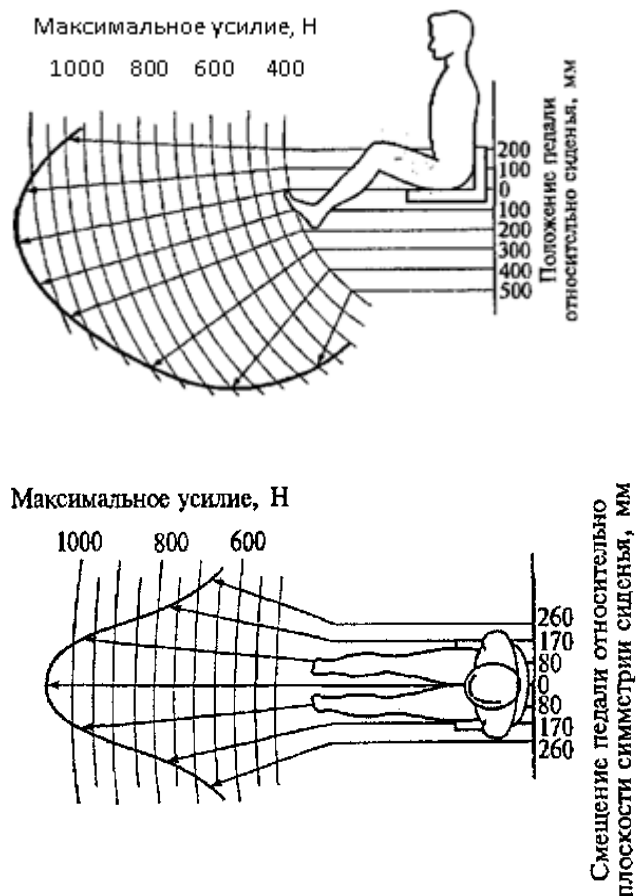


Рис. 1.15 - Зависимость усилия ноги от положения педали относительно

но

Таким образом, рисунки 1.14 и 1.15 иллюстрируют потенциальные возможности человека по усилиям, развиваемым на органах управления, однако эти усилия не следует назначать при конструировании органов управления машиной. Эргономически обоснованные допустимые усилия, которые может прикладывать человек к рукояткам рычагов управления, приведены в таблице 1.10.

Таблица 1.10 - Допустимые усилия на рукоятках рычагов управления, Н

Способ перемещения рычага	Частота пользования в смену	
	более пяти раз	менее пяти раз
Пальцами	10	30
Кистью	20	40
Кистью с предплечьем	30	60
Всей рукой	60 (40)	150 (70)
Двумя руками	90	250 (140)

Примечания: 1. При перемещении рычага чаще двух раз в минуту прикла-Иваемое к рукоятке усилие не должно превышать 50 % от указанного в таблице.

2. В скобках указано значение усилия при движении вправо-влево и вверх-вниз.

## 1.2 Посадочные манекены

Сидящий на сиденье человек-оператор может принимать различные позы. Возникает проблема выбора условной точки начала координат, относительно которой можно было бы определять размеры, характеризующие положение человека на сиденье. Надо, чтобы эта точка незначительно изменяла свое положение при изменениях рабочей позы оператора, связанных с управлением автомобилем или трактором, и была достаточно характерной для тела человека. Относительно такой точки можно было бы определять и положение сидящих пассажиров.

В некоторых случаях за начало координат на виде сбоку принимается точка пересечения габаритных очертаний подушки сиденья и спинки, обращенных к телу сидящего человека. Это может быть справедливым, если сиденье жесткое. При мягких сиденье и спинке эта точка существенно смещается, что затрудняет проведение измерений и снижает их достоверность.

Действующими стандартами установлено, что за исходную точку, относительно которой производятся измерения, определяющие положение тела человека на сиденье и в кабине, принимается точка пересечения геометрической оси, соединяющей центры правого и левого тазобедренных суставов, с продольной вертикальной плоскостью симметрии тела. Она обозначается латинской буквой Я (при проектных работах эта точка обозначается латинской буквой R).

Установлено, что положение точки Я мало изменяется не только при обычных рабочих движениях оператора, но и в тех случаях, когда на сиденье

оказываются люди разного роста и комплекции, хотя размеры их тела существенно различаются.

Несложно найти человека, рост которого точно отвечает, например, 95-му перцентилю, но размеры отдельных частей его тела, т.е. остальные антропометрические характеристики, скорее всего, будут отличаться от размеров при этом перцентиле.

Разработаны и стандартизованы манекены (ГОСТ 20304— 90), антропометрические характеристики которых соответствуют определенным перцентилем. Эти манекены получили название посадочных, потому что с их помощью определяются рабочие позы и другие параметры, характеризующие положение человека-оператора на сиденье. Существуют трехмерные и двухмерные посадочные манекены.

Трехмерный посадочный манекен применяется для определения параметров, обуславливающих положение человека в реальном автомобиле или тракторе. С его помощью определяется также фактическое положение точки Я посадочного места. Трехмерный Посадочный манекен представляет собой довольно сложное устройство, выполненное с высокой точностью (рис. 1.13).

Манекен помещается на сиденье пластмассовой седалищной панелью, а спинная панель — также пластмассовая — опирается о спинку сиденья. Форма этих панелей оговорена стандартом.

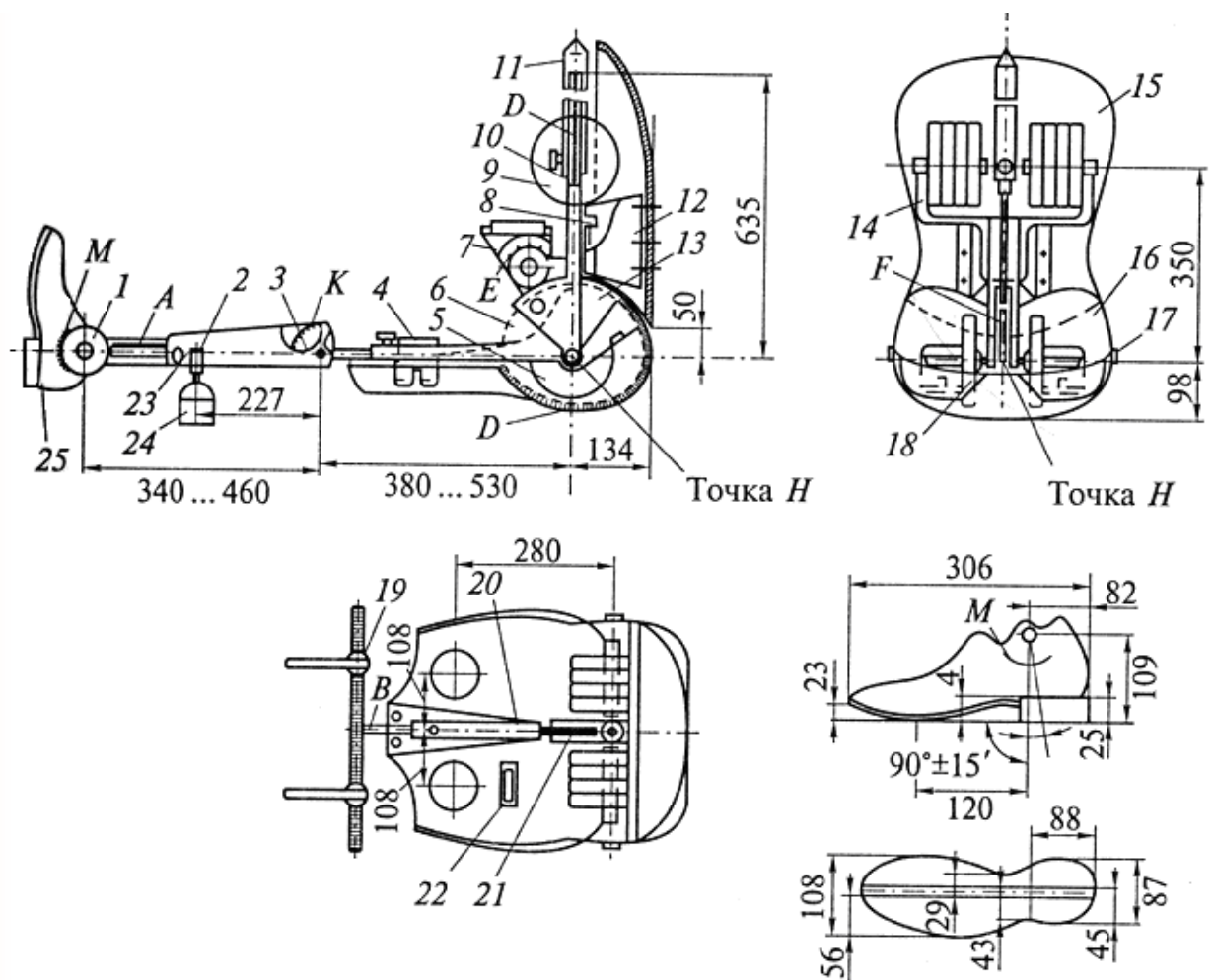


Рис. 1.13. Конструктивная схема трехмерного посадочного манекена:

1 — голеностопный шарнир; 2 — кронштейн голенного груза; 3 — коленный Шарнир; 4 — бедренный груз; 5 — тазобедренный груз; 6 — сектор; 7 — кронштейн продольного уровня; 8 — регулировочный винт; 9 — спинной груз; 10 — поворотный шток; *H* — наконечник поворотного штока; 12 — кронштейн спинной панели; 13 — остов торса; 14 — кронштейн спинных грузов; 15 — спинная Панель; 16 — сиделищная панель; 17 — съемная пробка; 18 — ось тазобедренного шарнира; 19 — кронштейн коленных шарниров; 20 — остов тазобедренной части; 21 — продольный уровень; 22 — поперечный уровень; 23 — голень; 24 — голенный груз; 25 — стопа; *A*, *B*, *D*, *E*, *F*, *K*, *M* — линейные и угловые шкалы

Остальные детали манекена выполнены из стали. Спинная панель может поворачиваться относительно сиделищной вокруг оси тазобедренного шарнира.

От оси тазобедренного шарнира вперед направлен остов тазобедренной части, который выполнен телескопическим. При этом можно изменять его длину при настройке размеров манекена на определенный уровень репрезентативности. На переднем конце остова тазобедренной части размещена поперечная ось, имитирующая коленный сустав, на нее справа и слева установлены элементы, имитирующие голень. Эти части манекена также выполнены телескопическими. На частях манекена размещаются грузы, позволяющие довести массу этих частей до значений, соответствующих массам частей тела человека. Общая масса манекена составляет 75,6 кг.

Вверх от оси тазобедренного шарнира направлен поворотный шток с наконечником. Относительно этого штока, когда он установлен строго вертикально, измеряется угол наклона спинки сиденья.

Для измерения угла наклона сиделищной панели относительно горизонтали на этой панели установлены уровни. Элементы посадочного манекена снабжены линейными и угловыми шкалами ( $A, B, D, E, F, K, M$ ), с помощью которых устанавливаются их размеры и относительное расположение.

Трехмерный посадочный манекен в собранном виде показан на рис. 1.14. После размещения манекена на сиденье в первую очередь производится проверка совпадения координат точки  $Я$  с координатами точки  $R$ , которые отражены в конструкторской документации. Затем по угловой шкале поворотного штока, который устанавливается вертикально, определяется фактический угол наклона спинки сиденья.

Угловые шкалы, имеющиеся в «суставах» манекена, позволяют определить углы между этими элементами.

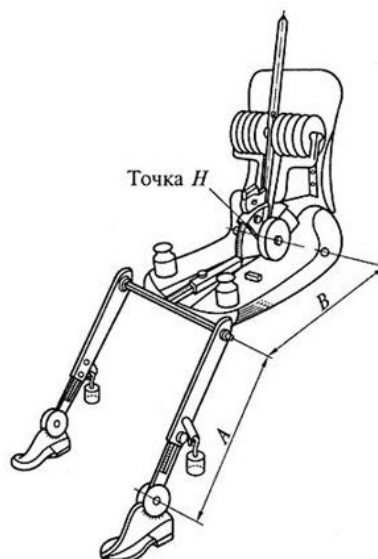


Рис. 1.14. Трехмерный посадочный манекен:

*A* — голень; *B* — бедро (численные значения см. в табл. 1.8)

Таблица 1.8 Размеры элементов, мм, трехмерного посадочного манекена при различных уровнях репрезентативности

Элемент манекена на рис. 1.14	Уровень репрезентативности, %		
	10	50	95
А (голень)	391	417	460
В (бедро)	406	432	455

Размеры бедра и голени манекена могут изменяться при настройке его на определенный уровень репрезентативности (табл. 1.8).

Трехмерный посадочный манекен можно использовать только при исследованиях готового изделия — сиденья или автомобиля. При конструкторских работах применяют двухмерные посадочные манекены, которые по своим размерам соответствуют трехмерному, настроенному на определенный уровень репрезентативности.

Двухмерные посадочные манекены (рис. 1.15) изготавливают из какого-либо прозрачного материала.

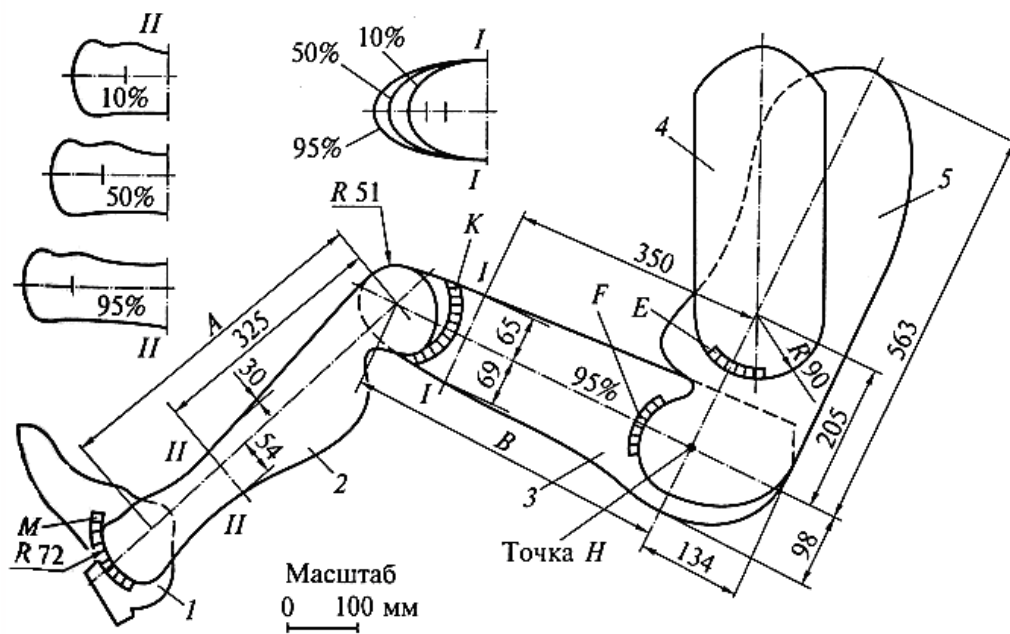


Рис. 1.15. Двухмерный посадочный манекен:

1 — стопа; 2 — голень; 3 — тазобедренная часть; 4 — вспомогательный элемент; 5 — торс; *F, E, K, M* — угловые шкалы

Обычно используют три двухмерных манекена — 10, 50 и 95%-ного уровней репрезентативности. Эти манекены изготавливают в том масштабе, в котором удобно работать конструктору, например в масштабе 1:5. Стандартный двухмерный посадочный манекен используют:

- для нахождения геометрических параметров кузова или кабины, а также параметров посадочных мест для водителя и взрослых пассажиров на этапах проектирования;
- определения параметров пассажирского помещения и посадочных мест при сравнительной оценке различных моделей транспортных средств;
- воспроизведения на чертежах параметров, измеренных с помощью трехмерного посадочного манекена.

Размеры голени *A* и бедра *B* определяются в соответствии с табл. 1.8. Вспомогательный элемент 4 (см. рис. 1.15) при размещении манекена на чертеже ориентируется по вертикальным линиям масштабной сетки, и тогда по шкале *E* можно определить конструктивный угол наклона спинки сиденья. В конструкторской практике часто применяются двухмерные посадочные манекены, у которых, в дополнение к стандартным элементам, имеются также

голова и руки. Размеры и контуры этих частей выбираются, исходя из данных, имеющихся в справочниках. Такие более полные посадочные манекены оказываются полезными, когда нужно, например, выбрать положение рулевого колеса или определить высоту и очертания потолка кабины.

В настоящее время, при использовании компьютерных программ, основной манекен, по которому подбирают размеры салона большинство автопроизводителей — это мужской манекен 95-го уровня репрезентативности, или 95-го перцентиля. Его рост составляет 187 см при весе около ста килограммов. Самый маленький манекен, по которому чаще всего подбираются регулировки сиденья и органов управления — женский манекен 5-го перцентиля.

После того, как в проектируемую машину посажен такой виртуальный манекен, подбираются основные параметры по посадке. Основная точка привязки манекена — точка «Н», расположенная на уровне шарнира бедер. По расположению этой точки относительно уровня земли, а также относительно пола салона отличаются посадка в автомобилях разных классов. К примеру, для спортивных машин, где важен низкий центр тяжести и малая площадь сечения кузова для уменьшения сопротивления воздуха, высота точки «Н» от пола составляет 135-180мм (для легковых пассажирских этот параметр составляет 200-250мм).



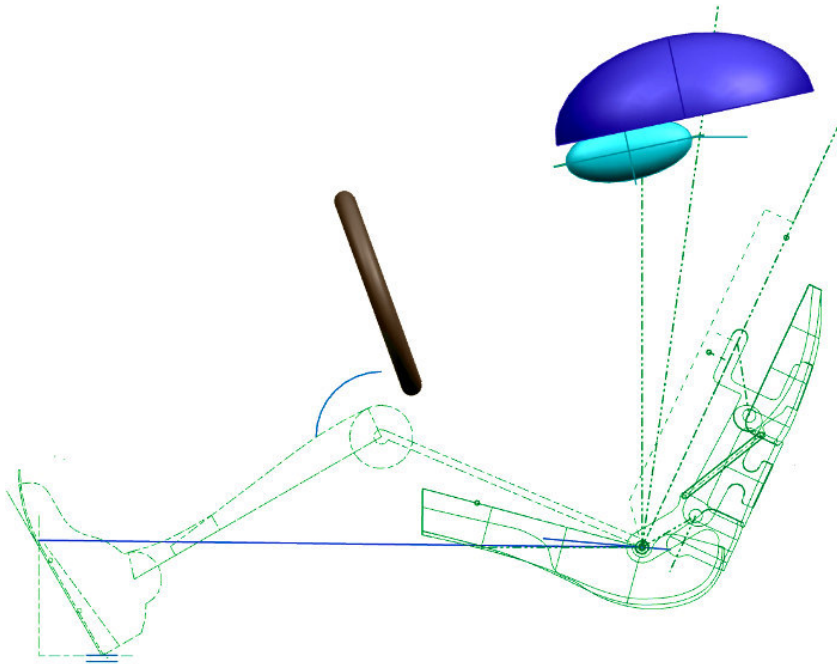


Рис. Посадочный манекен для измерения положения точки «Н». Показаны эллипсы глаз и положения головы

Для проверки высоты салона изображается «эллипс положения головы». Это купол, описываемый головой самого высокого манекена. Купол вытянут вперед, т.к. учитывает еще и продольную регулировку сиденья.

Также размещаются в салоне «эллипсы положения глаз», которые характеризуют водителей разного роста. Здесь тоже учтена регулировка сиденья, поэтому эллипсы вытянуты вперед.

Для проверки обзорности через лобовое стекло к этим эллипсам проводят касательные плоскости сверху и снизу. Верхняя касательная плоскость нужна для проверки верхнего угла обзора для самого высокого водителя, а нижняя — нижнего угла обзора для водителя низкого роста. При проектировании нового автомобиля важно анализировать уже существующие аналоги.

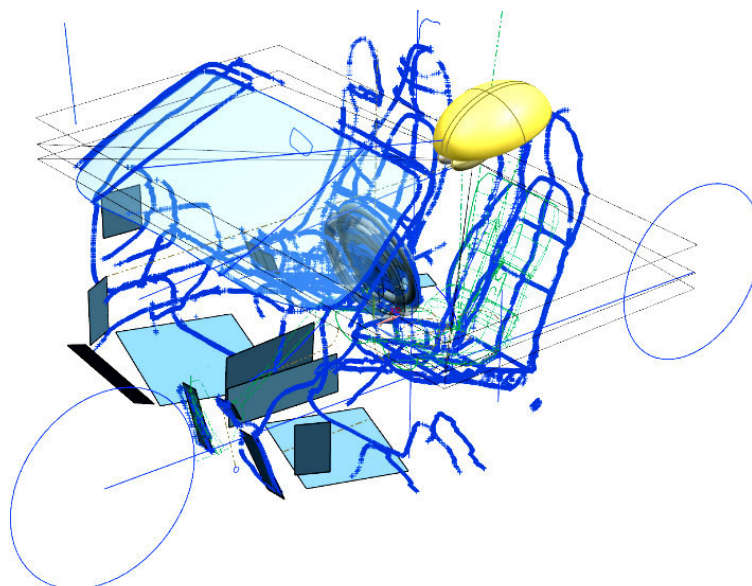
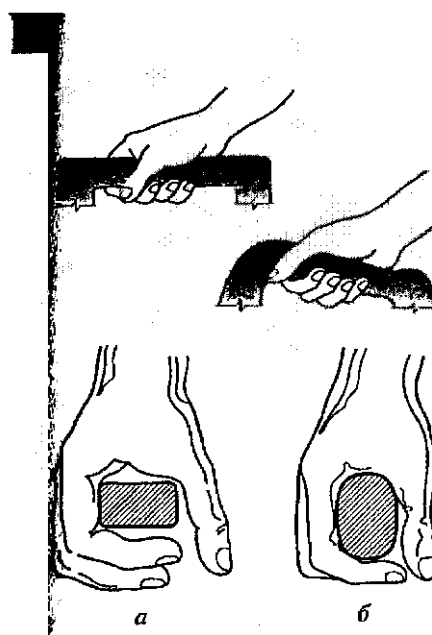


Рис. Обработанная сканированная геометрия салона Porsche Boxster. В салон помещен посадочный манекен для оценки параметров посадки и обзорности

Для определения размеров используется координатно-измерительная машина. После этого проводится обработка, в цифровой модели салона размещается манекен. Далее анализируются параметры его посадки. На основании данных по аналогам и рекомендациям по эргономике прорабатывается компоновка для проектируемой машины.

### 1.3. Хиротехника

Большинство трудовых движений человек выполняет руками. При этом он пользуется различными инструментами, имеющими рукоятки, или управляет машинами и механизмами с помощью штурвалов, рычагов, кнопок, тумблеров и т.п. Проблемой создания рациональных форм элементов, с которыми человек взаимодействует с помощью рук (точнее — кистями рук), занимается прикладная дисциплина эргономики — *хиротехника* (от греч. *cheir*— рука).



На рис. 1.16 в качестве примера показаны два варианта рукояток ручного механизированного инструмента, требующего при работе приложения усилий вперед и вниз. Очевидно, что рукоятка, изображенная на рис. 1.16, б, значительно лучше изображенной на рис. 1.16, а. Она удобнее охватывается рукой, при этом не возникает излишних местных давлений на руку на гранях рукоятки, к ней легче приложить усилие вперед—вниз. Значит, такая рукоятка предпочтительнее.

Параметры руки являются антропометрическими характеристиками. Рассмотрим некоторые особенности руки человека, которые имеют значение при конструировании органов управления и рабочего инструмента.

Пальцы руки принято нумеровать римскими или арабскими Цифрами (рис. 1.17, а). Основные элементы ладони руки показаны карие. 1.17, б.

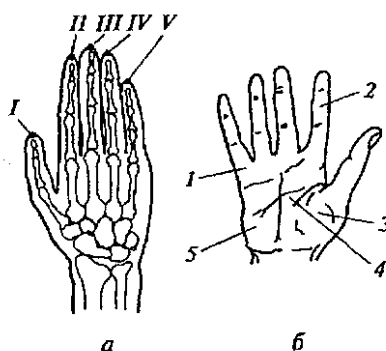


Рисунок Элементы кисти руки I - большой, II - указательный, III - средний, IV - безымянный, V - мизинец

Многие рабочие движения выполняются путем манипуляций кистью руки, для них требуется определенное пространственное положение руки относительно тела.

Некоторые антропометрические параметры, характеризующие это, показаны на рис. 1.5. Следует иметь в виду, что подвижность кисти и пальцев у мужчин и женщин несколько различается: объем движений в суставах кисти у женщин в среднем на 4...6° больше, чем у мужчин.

. Основные размеры кисти руки приведены на рис. 1.18 (пунктиром показано увеличение размеров руки при надетых перчатках) и в табл. 1.9.

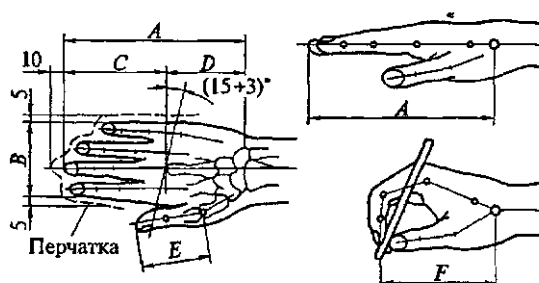


Рис. 1.18. Основные размеры кисти (численные значения см. в табл. 1.9)

Таблица 1.9 Основные размеры кисти, мм

Измеряемая величина	Обозначение на рис. 1.18	Мужчины		Женщины	
		Средняя	Максимальная	Средняя	Максимальная
Длина кисти	A	193	208	173	182
Ширина кисти (у основания большого пальца)	B	86	94	74	79
Длина среднего пальца	C	117	127	102	108
Длина пястья (до центра кулака)	D	76	81	71	74
Длина большого пальца	E	69	76	61	66
Длина кисти при письме	F	117	127	101	104

Верхняя конечность человека имеет 30 степеней свободы, из них 22 степени принадлежат ладони и пальцам.

Движения кисти делятся на хватательные и нехватательные. При хватательных движениях (захватах) рукоятка, предмет или его часть удерживаются в определенном положении пальцами или ладонью. При нехватательных движениях происходит контакт пальцев или ладони с предметом, при этом усилие прикладывается в направлении этого предмета. Такие движения характерны для работы на пишущей машинке или клавиатуре компьютера, при игре в волейбол, при управлении каким-либо объектом нажатием кнопок или клавиш.

Способов захвата существует множество, выбор каждого из них осуществляется человеком часто произвольно и зависит от формы конкретного предмета, с которым он в данный момент имеет дело.

Способы захвата можно разделить на силовые и точностные. При первых возможна передача значительных усилий, вторые должны обеспечить по возможности точное положение предмета. Кроме того, можно классифицировать захваты по признаку выделения преобладающей зоны ладони, которая взаимодействует с предметом.

Некоторые способы захвата предметов (рукояток) показаны на рис. 1.19.

Схватывающие захваты. *Цилиндрический захват* (рис. 1.19, с) образован всей поверхностью ладони и пальцев, большой палец противостоит остальным. В зависимости от диаметра захватываемого предмета большой палец может касаться среднего или указательного или не доходить до них. Применяется при захвате крупных рукояток, например черенка лопаты, топорика, бейсбольной биты.

*Сферический захват* (рис. 1.19, б) используется при взаимодействии, например, с рычагом коробки передач автомобиля или трактора. В зависимости от диаметра сферы рука может касаться ее внутренней стороной пальцев или ямкой ладони.

Захват в кулак, кулачный (рис. 1.19, в) похож на цилиндрический, но применяется при сравнительно небольшом диаметре предмета. Большой палец лежит на тыльной стороне остальных пальцев

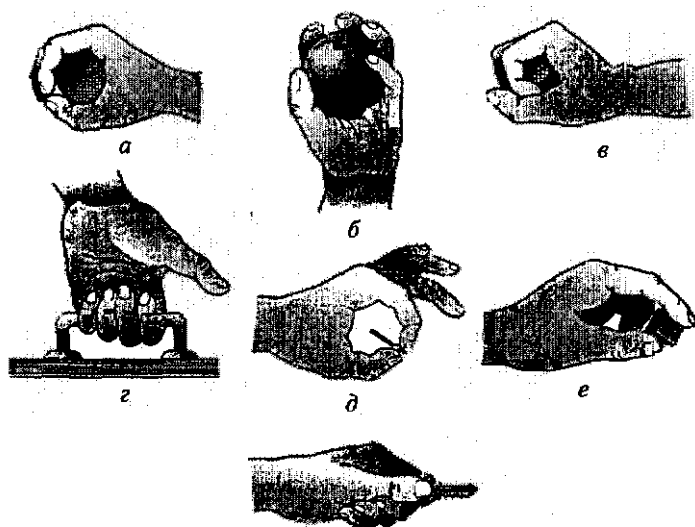


Рис. 1.19. Способы захватов: а — цилиндрический; б — сферический; в — захват в кулак; г — захват-крючок; д — концевой; е — пальмарный; ж — ключевой

Таблица 1.10 Максимальная сила захвата в зависимости от степени раскрытия ладони (осредненные данные для мужчин)

Раскрытие ладони, мм	Сила, Н	
	Правая кисть	Левая кисть
85	470±70	450±100
75	490±110	490±80
65	560±80	520±850
55	560±90	560±95
45	560±60	640±760

Захват-крючок (рис. 1.19, г) применяется при приложении тянущих усилий к рукоятке, например, рычага стояночного тормоза или бортового фрикциона трактора. Образуется внутренней стороной II— V пальцев. Большой палец может не участвовать в захвате или «подстраховывать» остальные.

Похожий захват используется при управлении автомобилем или трактором с помощью рулевого колеса (штурвала) при расположении рук в его верхней части. Захват может быть пассивным, например, при переноске тяжелого предмета, имеющего рукоятку.

Кончиковые захваты. *Концевой захват* (рис. 1.19,5) образуется кончиками большого и указательного или среднего пальцев при взятии мелкого предмета, например иголки. Иногда его называют чувствительным захватом.

*Пальмарный захват* (от лат. *palmaris* — ладонный, рис. 1.19, е) используется для удержания карандаша, небольшой поворотной рукоятки управления. Большой палец противопоставляется двум другим, обычно указательному и среднему, соприкасаясь с ними внутренней стороной концевой фаланги. При несколько измененном положении среднего пальца таким захватом можно взять, например, щепотку соли.

Боковые захваты. *Ключевой, или ключный* (рис. 1.19, ж) — предмет с плоскими поверхностями и небольшой толщиной захватывается между боковой поверхностью указательного пальца и большим пальцем. Типичный захват для ключа при повороте его в замке, откуда и получил название.

*Ножничный захват* хорошо знаком курильщикам, таким захватом, например, удерживают сигарету.

При разных захватах существенно меняются максимальные усилия, которые могут быть приложены к предмету или рукоятке. Так, средние значения силы сжатия кистевого динамометра у мужчин 386—455 Н, у женщин—230...280 Н. Максимальная сила, которая развивается кистью, в зависимости от типа захвата (для молодых мужчин) следующая:

<i>Тип захвата</i>	<i>Сила захвата, Н</i>
Концевой .....	95 ± 22
Ключевой .....	105 ± 22
Пальмарный .....	409 ± 73

Изменение максимальной силы захвата кисти руки в зависимости от степени раскрытия ладони показано в табл. 1.10.

Для некоторых ручных органов управления автомобилем и трактором характерны комбинированные рукоятки, у которых, помимо собственно рукоятки, имеется элемент, позволяющий блокировать ее движение или, наоборот, разблокировать. Такова, например, рукоятка ручного рычага стоячно-

го тормоза автомобиля. При сдавливании ее рычаг освобождается и автомобиль «снимается с тормозов».

Рукоятки такого рода, расположенные на руле для управления сцеплением и тормозом, наиболее типичны для мотоциклов. Подобные рукоятки характерны для таких инструментов, как кусачки, плоскогубцы, и многих других. Части рукоятки расположены в этих случаях не параллельно друг другу, а под некоторым углом, расстояние между ними может изменяться. При этом максимальная сила сдавливания рукояток также меняется: по мере увеличения ширины хвата она вначале увеличивается, а затем уменьшается, как это показано на рис. 1.20. Очень важно правильно выбрать форму рукоятки инструмента или органа управления. Она должна обеспечивать возможно более плотный контакт с рукой, это позволяет повысить точность перемещения рукоятки и связанного с ней инструмента или органа управления. Между элементами руки и рукояткой не должно возникать местных перегрузок, т. е. излишне больших давлений.

Казалось бы, можно создать форму рукоятки таким способом: "Взять в руку кусок мягкого материала, например пластилина, помять его, и получится идеальная форма, точно соответствующая плоскости руки. Такие опыты проводились неоднократно. Однако всегда получался отрицательный результат. Это объясняется следующими обстоятельствами- Во-первых, рука человека не одинаково воспринимает давление в разных частях. Например, можно прикладывать большие силы к задней части ямки ладони и бугорка Мизинца, это не вызывает отрицательных последствий, а такие же силы, неоднократно приложенные в месте ладони между большим и указательным пальцем, вызовут потертости. Во-вторых, Полученная таким образом рукоятка годится только для того человека, который мял пластилин, и будет неудобна для других Людей, т.е. она не будет универсальной. В-третьих, чтобы избежать перегрузки отдельных мест ладони, человек в процессе работы перехватывает рукоятку, давая отдых нагруженным частям руки, а «рукоятка-слепок» такой возможности не дает. Таким образом, рукоятка должна быть



несколько усредненной по своей форме и соответствовать размерам кисти руки человека ты перехватывает рукоятку, давая отдых нагруженным частям руки, а «рукоятка-слепок» такой возможности не дает. Таким образом, рукоятка должна быть несколько усредненной по своей форме и соответствовать размерам кисти руки человека.

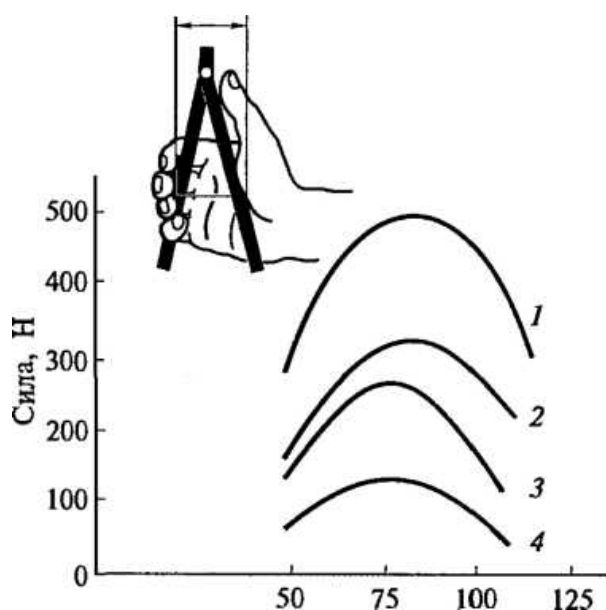


Рис. 1.20. Максимальная сила сжатия рукояток при разной ширине между ними:

1, 2 — мужчины соответственно 90-го и 50-го перцентиля; 3, 4 — женщины соответственно 90-го и 50-го перцентиля

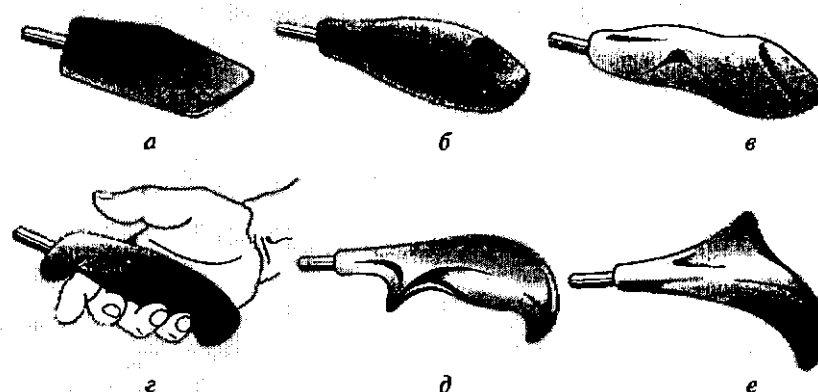


Рис. 1.21 Формы рукояток ручных инструментов

Некоторые фирмы выпускают ручные инструменты с разными размерами рукояток, аналогично, например, выпуску обуви одной модели, но раз-

ных размеров. Такой подход позволяет потребителю подобрать инструмент «по руке».

Рациональная форма рукоятки зависит от направления, в котором прикладывается основное рабочее усилие.

На рис. 1.21 приведены формы рукояток различных инструментов, которые требуют приложения продольных усилий.

Эти рукоятки предназначены для инструментов, которые при работе не должны поворачиваться вокруг продольной оси. Во многих случаях, например, при работе напильником, в особенности трехгранным или круглым, инструмент нужно периодически поворачивать. При этом рукоятка должна представлять собой тело вращения (рис. 1.22).

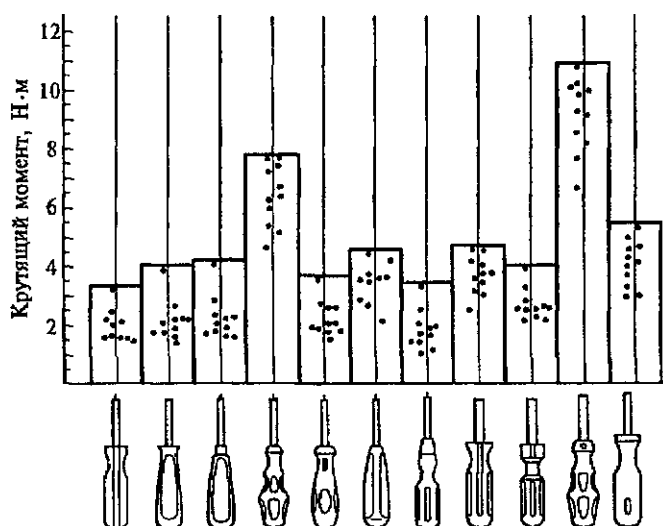


Рис. 1.23. Крутящие моменты, развиваемые на отвертках при различных

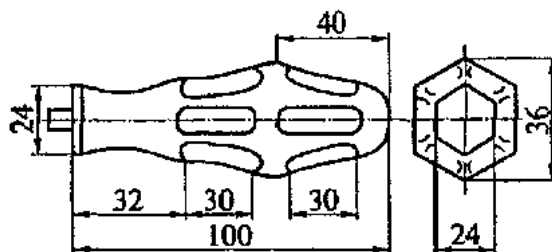


Рис. 1.24 - Рациональная форма рукоятки отвертки

Во многих случаях рабочее усилие должно передаваться инструменту или рукоятке органа управления за счет трения между рукой и рукояткой. Такая ситуация возникает, например, при пользовании отверткой. Макси-

мальный крутящий момент при этом определяется (при одинаковом коэффициенте трения) формой рукоятки. На рис. 1.23 изображена построенная по результатам экспериментов диаграмма, показывающая максимальные крутящие моменты, которые могут быть реализованы на отвертке при различных формах рукояток. Точки на диаграмме иллюстрируют разброс моментов в зависимости от конкретных особенностей испытуемых людей. Рациональная форма рукоятки отвертки, учитывающая антропометрические параметры кисти руки человека, показана на рис. 1.24.

Во многих случаях для управления различными устройствами используются кнопки, клавиши, тумблеры, с которыми человек-оператор взаимодействует пальцами. Эти элементы управления характеризуются формой, размерами и усилиями, с которыми на них нужно воздействовать. Некоторые из таких органов управления схематично показаны на рис. 1.25, а их основные характеристики приведены в табл. 1.11.

При назначении усилий, с которыми оператор должен воздействовать на кнопки и клавиши, необходимо учитывать частоту этих воздействий (кнопки компьютерной клавиатуры, очевидно, должны иметь меньшие усилия срабатывания, чем, например, такие же по размерам кнопки, на которые оператор нажимает несколько раз в смену).

Выбор рационального рабочего усилия кнопочного включателя определяется также условиями работы оператора. Водитель часто подвергается значительным вибрационным воздействиям, поэтому делать рабочие усилия кнопок маленькими нельзя. Прежде чем водитель нажмет на кнопку, он должен зафиксировать на ней палец, а если усилие нажатия мало, то возможны ошибочные срабатывания. По этой причине на транспортных средствах не применяется сенсорное управление, хотя на первый взгляд оно кажется удобным. Важно также, чтобы ручные органы управления легко распознавались на ощупь по форме и величине, это снижает вероятность ошибок.

Кроме кнопочных и клавишных выключателей применяются поворотные переключатели, их рукоятки схематично показаны на рис. 1.26, а характеристики приведены в табл. 1.12.

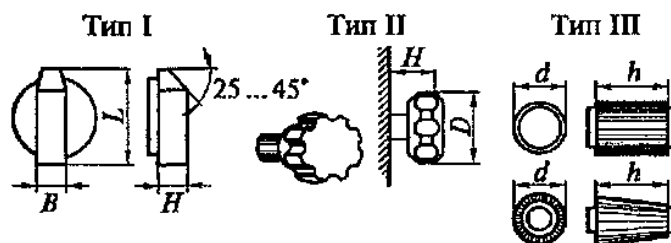


Рис. 1.26. Поворотные рукоятки управления (численные значения размеров см. в табл. 1.12)

Рукоятки типа I часто располагают в углублении, имеющем вращающийся вместе с рукояткой или неподвижный ободок. При этом внутренний диаметр ободка не должен быть менее 35... 40 мм, чтобы внутрь него помещалась вторая фаланга согнутого указательного пальца для возможности пользования ключным захватом.

В дополнение к изложенному сформулируем некоторые специфические требования к рукояткам органов управления автомобиля и трактора, а также к рукояткам инструмента, применяемого при их обслуживании:

- рукоятка должна быть шероховатой для увеличения трения и Исключения соскальзывания руки, даже если рука загрязнена, например, смазочным маслом;
- поверхность рукоятки должна быть не блестящей, чтобы не создавать бликов отраженного света;
- рукоятка должна быть «теплой» на ощупь и иметь низкую теплопроводность;
- поверхность рукоятки не должна пачкать рук, она должна быть устойчивой к действию применяемых в автомобилях и тракторах эксплуатационных жидкостей и легко отмываться от загрязнений;

материал рукояток не должен вызывать аллергических реакций

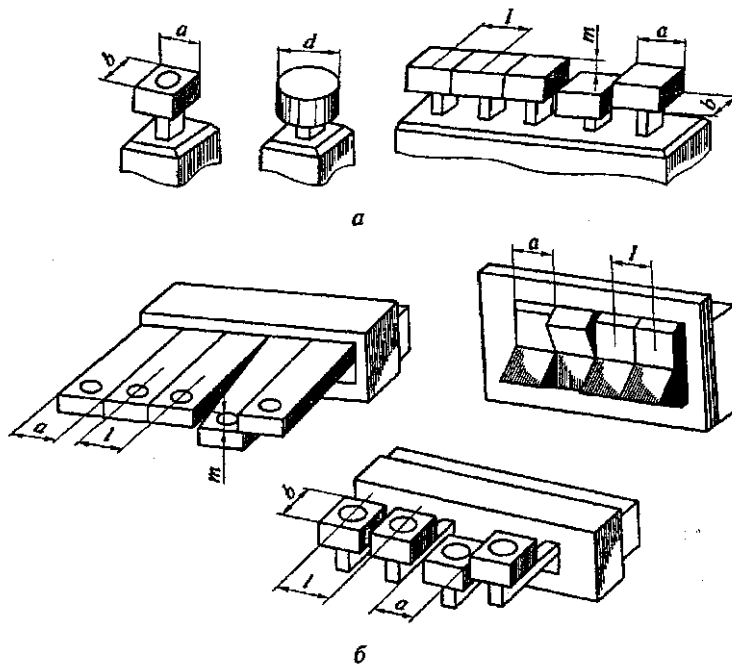


Рис. 1.25. Кнопки (а) и клавиши (б) (численные значения параметров см. в табл. 1.11)

Таблица 1.11

Основные характеристики кнопочных выключателей  
(обозначения см. на рис. 1.25)

Приводной элемент	Усилие нажатия, Н	Минимальные размеры приводного элемента, мм		Минимальное расстояние между центрами приводных элементов $l$ , мм	Рабочий ход приводного элемента $m$ , мм
		$a \times b$	$d$		
Кнопка под указательный палец	< 1	10 × 5	3...10	10	< 2
	1...2	12 × 7	10	15	2... 3
	2...4	18 × 8	12	15...18	3...5
	4...8	20 × 12	15	18...20	4...6
Кнопка под большой палец	8...20	—	30	> 30	3...8
	20...35	—	30	> 30	5...8
Клавиша	< 2,5	10	—	18...25	3...5
	2,4...4	15	—	18...25	4...6
	4...6	18	—	18...25	4...6
	6...16	18...20	—	18...25	5...10

Окружное усилие, Н	Размеры, мм						
	Тип I			Тип II		Тип III	
	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>h</i>
< 0,5	—	—	—	—	—	6	12
0,5...1,0	—	—	—	—	—	10	13
1,0...1,5	—	—	—	—	—	15	13
1,5...2,0	—	—	—	—	—	20	15
2,0...2,5	—	—	—	—	—	40	20
2,5...4,0	—	—	—	—	—	50	25
4,0...5,0	—	—	—	50	35	—	—
5,0...10,0	—	—	—	60	40	—	—
10,0...15,0	—	—	—	70	45	—	—
15,0...20,0	—	—	—	75	45	—	—
< 2,0	20	2...3	10	—	—	—	—
2,0...3,0	25	3...4	12	—	—	—	—
3,0...5,0	30	3...5	12	—	—	—	—
5,0...10,0	35	3...5	15	—	—	—	—
10,0...15,0	40	5...8	15...18	—	—	—	—
15,0...30,0	45	5...10	20	—	—	—	—
30,0...50,0	55	8...12	25	—	—	—	—
50,0...100,0	90	12...15	40	—	—	—	—

## ГЛАВА 2 КОМПОНОВКА ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ВОДИТЕЛЯ И ПАССАЖИРОВ

### 2.1. Общие сведения

Процесс проектирования автомобиля или трактора начинается с общения двух субъектов — заказчика и разработчика. Общий порядок разработки и постановки продукции на производство отражен в ГОСТ 15.001 — 88. Заказчиком может быть министерство, организация, фирма, юридическое или физическое лицо; разработчиком — предприятие-изготовитель или проектно-конструкторская организация (фирма).

Основным исходным документом для разработки продукции является *техническое задание*.

Порядок разработки и утверждения технического задания определяют заказчик и разработчик. При инициативной разработке необходимость, порядок разработки и утверждения технического задания определяет разработчик продукции. Стандарт допускает использование в качестве технического задания любого документа (контракт, протокол, эскиз и т.п.), в котором содержатся необходимые и достаточные требования для разработки, если этот документ признается заказчиком и разработчиком. Кроме того, в том же качестве может использоваться образец продукции, предназначенный для воспроизведения.

Для подтверждения отдельных требований к продукции, в том числе требований безопасности, охраны здоровья и природы, а также для оценки технического уровня продукции, техническое задание может быть направлено заказчиком или разработчиком на заключение в сторонние организации. Это заключение учитывается в техническом задании до его утверждения. При необходимости техническое задание согласуется с другими заинтересованными организациями (например, с организацией Министерства внутренних дел, отвечающей за безопасность дорожного движения, с организацией, которая в будущем будет заниматься сертификацией машины, и т.д.). После

согласования техническое задание утверждается и становится основным документом, определяющим конструкцию предмета разработки.

В техническом задании указывают следующие сведения:

- назначение машины;
- общую компоновочную схему или варианты компоновочных схем;
- условия эксплуатации (дорожные, климатические, специальные);
- технические параметры и характеристики;
- ресурс;
- объем выпуска, предполагаемую цену или себестоимость;
- требования по патентной чистоте и выполнению стандартов с учетом стран и регионов возможного экспорта;
- требования к архитектурно-художественному оформлению;
- дополнительные требования заказчика.

При составлении технического задания обычно проводят предварительные проектные и расчетные работы: разрабатывают предварительную компоновку (или варианты компоновок) машины, определяют ее тягово-скоростные и топливно-экономические характеристики, параметры двигателя или его конкретную марку, тип трансмиссии, передаточные числа, габаритные и массовые параметры, себестоимость машины при заданном масштабе выпуска, разрабатывают эскизы внешних форм и т.д.

Разработчик на основании технического задания создает техническое предложение (ГОСТ 2.118—73) или эскизный проект (ГОСТ 2.119-73).

*Техническое предложение* содержит технико-экономическое обоснование целесообразности разработки данной машины, уточняет требования к ней, полученные на основании анализа технического задания и проработки вариантов возможных технических решений.

На основе технического предложения при согласии заказчика и разработчика техническое задание может быть уточнено.

*Эскизный проект* представляет собой проектную конструкторскую документацию, в которой изложены конструкторские решения, дающие общее



представление о конструкции и принципе работы машины, а также данные, определяющие соответствие машины ее назначению. Стадия эскизного проекта состоит из следующих этапов: эскизная компоновка, создание поисковых макетов внешних форм, макетирование внешних форм, макетирование внутреннего пространства. Эскизный проект включает в себя сборочные чертежи основных агрегатов машины, чертежи общих видов, а также сведения о техническом уровне машины. Обычно по времени работа над эскизным проектом совпадает с доработкой технического задания.

Независимо от того, в каком порядке происходит обмен документами между заказчиком и разработчиком, содержательная часть проектно-конструкторских работ не меняется.

В этой главе рассматривается только компоновка рабочего места водителя как неотъемлемый элемент общей компоновки машины.

Обращаем особое внимание читателя на то, что настоящий учебник не является справочником и не может заменить собой действующие стандарты, которые, как известно, обязательны для исполнения. Здесь изложены методические основы подхода к компоновке рабочего места водителя, расположению органов управления, обеспечению обзорности и других обязательных параметров. Приводимые численные значения тех или иных величин даются как иллюстративный материал, их конкретные значения могут меняться с изменениями действующих или появлением новых стандартов. При конкретном проектировании следует обязательно обращаться к соответствующим стандартам и другим руководящим материалам.

## **2.2. Компоновка рабочего места водителя автомобиля и места пассажира**

Под компоновкой рабочего места водителя будем понимать основные геометрические размеры, характеризующие его положение относительно кабины, и размещение органов управления.

Для предварительного размещения водителя в кабине используется двухмерный посадочный манекен 95-го уровня репрезентативности (ГОСТ 20304—90). Работа обычно проводится в масштабе Г. 5 (иногда 1:10), что обеспечивает необходимую на этом этапе точность, а графические изображения получаются достаточно компактными. Если работа выполняется с использованием какой-либо из компьютерных конструкторских программ, то вопрос о выборе масштаба отпадает, поскольку вывести изображение на печать (для обсуждений и утверждения) можно в любом масштабе без потери точности.

В зависимости от типа транспортного средства выбирается тот или иной тип посадки водителя. В легковом автомобиле водитель располагается низко, ноги почти вытянуты, спинка сиденья отклонена от вертикали на значительный угол, что позволяет получить небольшую высоту автомобиля, соответственно уменьшив аэродинамическое сопротивление. В грузовом автомобиле и тракторе водитель располагается на более высоком сиденье, ноги больше согнуты в коленях, спинка сиденья расположена почти вертикально. При таком расположении водителя длина кабины минимальна, а ее высота с точки зрения аэродинамики не имеет решающего значения из-за больших габаритных размеров машины по высоте (грузовой автомобиль) или небольшой скорости движения (трактор). Принципиальный подход к компоновке рабочего места водителя с использованием двухмерного посадочного манекена иллюстрирует рис. 2.1.

Размещение водителя начинают с построения внутренних (обращенных к водителю) границ пола и перегородок. Причем под термином *перегородка* в соответствии с ГОСТ Р 41.35 — 99 понимается любой постоянный элемент конструкции (например, тоннельный выступ над карданным валом или коробкой передач, колесный кожух, боковая панель кузова и т.п.). Затем, исходя из типа (категории) транспортного средства, назначают высоту сиденья с учетом деформации подушки, которую принимают для легкового автомобиля ориентировочно около 80... 100 мм, для грузового автомобиля и трактора —

соответственно меньше. Если предполагается использование поддресоренного сиденья, то учитывают его перемещение под весом водителя (статический прогиб с учетом характеристики упругости подвески сиденья).

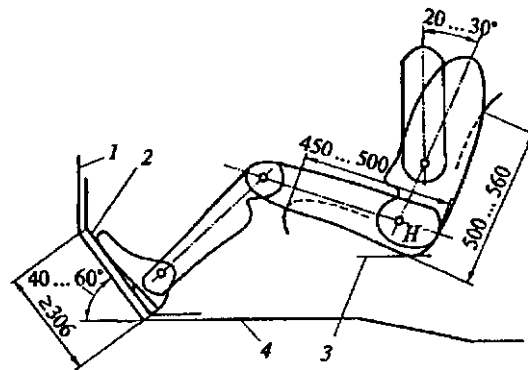


Рис. 2.1. Использование двухмерного посадочного манекена для компоновки рабочего места водителя:

1 - перегородка моторного отсека; 2 - ковер; 3 - уровень сжатой подушки сиденья; 4 - пол

Подробно «взаимодействие» человека и сиденья рассмотрено в гл. 7.

Для определения положения сиденья водителя по длине и наклону спинки пользуются данными из стандартов. В качестве примера на рис. 2.2 и в табл. 2.1 приведены значения углов между элементами посадочного манекена и, соответственно, водителя грузового автомобиля, автобуса, троллейбуса и других машин с похожей посадкой водителя (ОСТ 37.001.413—86).

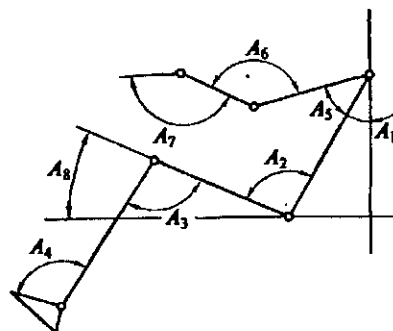


Рис. 2.2. Углы, определяющие рабочую позу водителя грузового автомобиля, автобуса, троллейбуса и т. п. (обозначения углов см. в табл. 2.1)

Таблица 2.1

**Параметры рабочей позы водителя грузового автомобиля, автобуса  
и троллейбуса**

Наименование параметра	Обозначение на рис. 2.2	Значение, °
Угол отклонения туловища от вертикали	$A_1$	10 ... 25
Угол между туловищем и бедром	$A_2$	90 ... 120
Угол между бедром и голенью	$A_3$	95 ... 135
Угол между голенью и стопой для правой ноги в рабочем положении	$A_4$	90
Угол между туловищем и плечом	$A_5$	5 ... 50
Угол между плечом и предплечьем	$A_6$	80 ... 160
Угол между предплечьем и кистью	$A_7$	170 ... 190
Угол наклона бедра к горизонтали	$A_8$	$\geq 4$

Из табл. 2.1 видно, что значения углов между элементами посадочного манекена могут изменяться в довольно широких пределах. Для конкретного определения рабочей позы водителя необходимо прежде всего ориентироваться на здравый смысл, разумеется, не нарушая при этом требований стандарта. Каждый человек, и компоновщик в частности, много раз видел сипящих людей и, взглянув на положение посадочного манекена, может с достаточной точностью предположить, удобная у него поза или нет.

Для легковых автомобилей, как указывалось выше, сиденье имеет меньшую высоту, ноги более вытянуты (угол  $A_3$  больше), спинка сиденья наклоняется на больший угол ( $A_8$  —  $30^\circ$  и более).

Углы  $A_5$ ,  $A_6$ ,  $A_7$  определяют положение рук водителя на рулевом колесе.

Чаще всего диаметр рулевого колеса составляет 350 ... 420 мм, однако на спортивных автомобилях он может быть и 280 мм, а на тяжелых грузовиках и автобусах — до 600 мм. С увеличением диаметра, естественно, увеличивается крутящий момент, который водитель может приложить к нему при одинаковом усилии на ободу, но одновременно уменьшается достижимая скорость вращения руля («скорость руления»). Именно поэтому на спортивных машинах применяют руль малого размера, а на тяжелых машинах — большого, это увеличивает безопасность в случае отказа рулевого усилителя. Диаметр обода руля обычно около 20... 30 мм.

На усилие, которое водитель может приложить к ободу рулевого колеса, существенно влияет угол его наклона (рис. 2.3).

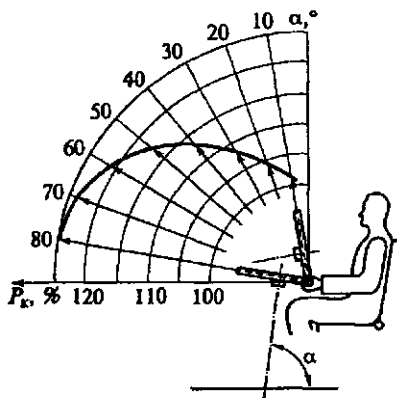


Рис. 2.3. Зависимость усилия  $P_k$  на рулевом колесе от угла его наклона  $\alpha$

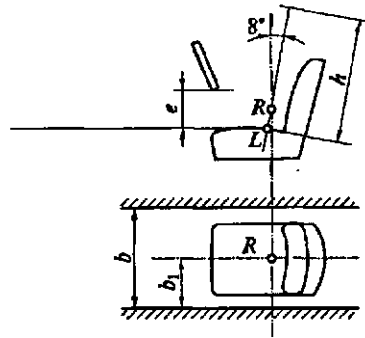


Рис. 2.4. Параметры рабочего места водителя (наименования и численные значения параметров)

**Параметры рабочего места водителя грузового автомобиля, автобуса и троллейбуса**

Наименование параметра	Обозначение на рис. 2.4.	Значение, мм
Расстояние от нижнего края нерегулируемого рулевого колеса до ненагруженной поверхности подушки сиденья при верхнем положении сиденья на всем диапазоне продольной регулировки	$e$	$\geq 180$
Расстояние от точки $L$ до внутренней обивки крыши (сиденье в крайнем заднем нижнем положении по регулировке)	$h$	1100
Ширина рабочего места водителя	$b$	$\geq 750$
Расстояние от левой внутренней стенки кабины до оси симметрии сиденья	$b_1$	$\geq 350$

Примечание. В обоснованных случаях (оговоренных в стандарте) значения  $e$ ,  $h$  и  $b_1$  могут быть уменьшены.

Если принять за 100 % достижимое усилие при почти вертикальном положении плоскости руля ( $10^\circ$  относительно вертикали), то при почти горизонтальном положении ( $80^\circ$ ) усилие увеличивается при-

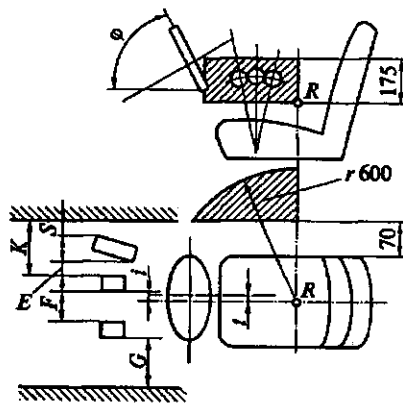


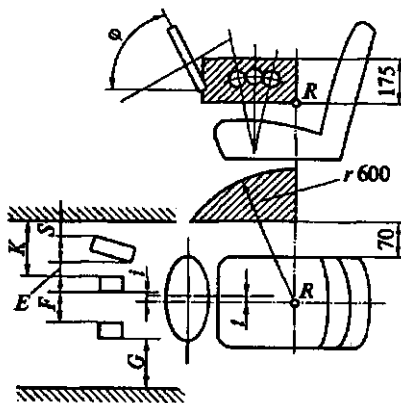
Рис. 2.5. Расположение основных органов управления грузовым автомобилем (наименования и численные значения параметров см. в табл. 2.3)

Таблица 2.3

Расположение основных органов управления автомобилем

Наименование параметра	Обозначение на рис. 2.5	Значение
Смещение центра рулевого колеса от продольной плоскости симметрии сиденья водителя, мм, не более	$i$	$\pm 30$
Угол наклона плоскости рулевого колеса от горизонтали в вертикальной плоскости, °, не менее	$\varphi$	15
Расстояние между краями педалей тормоза и сцепления, мм, не менее	$F^*$	100
Расстояние между краями педалей тормоза и акселератора, мм, не менее	$E^*$	50
Расстояние от левого края педали сцепления до левой боковой стенки кабины, мм, не менее	$G^*$	120
Расстояние от правого края педали тормоза до правой боковой стенки кабины, мм, не менее	$K^*$	150
Расстояние от правого края педали акселератора до правой боковой стенки кабины, мм, не менее	$S^*$	25
Осевое смещение левого края педали тормоза от продольной плоскости симметрии сиденья водителя, мм, не более	$i$	75

Примечание. Размеры, отмеченные знаком \*, должны замеряться на расстоянии  $2/3$  длины стопы манекена от точки пятки.



Любая точка рулевого колеса должна находиться на расстоянии Не менее 80 мм от других деталей автомобиля, за исключением Переключателей, которыми пользуются, не снимая рук с руля. ; Внутренняя ширина кабины должна быть не менее 1250 мм для двухместной кабины, 1700 мм — для трехместной, 1900 мм — для Трехместной со спальным местом.

■ Размеры, определяющие расположение основных органов управле-

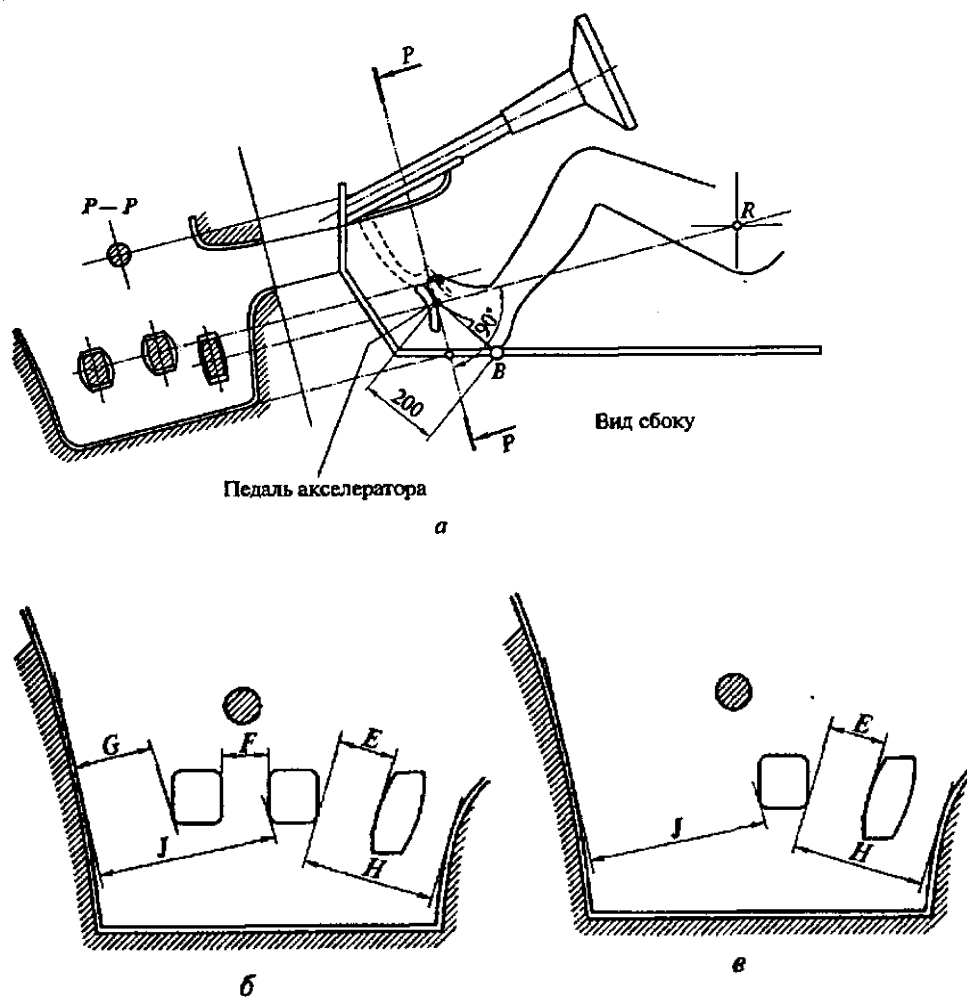
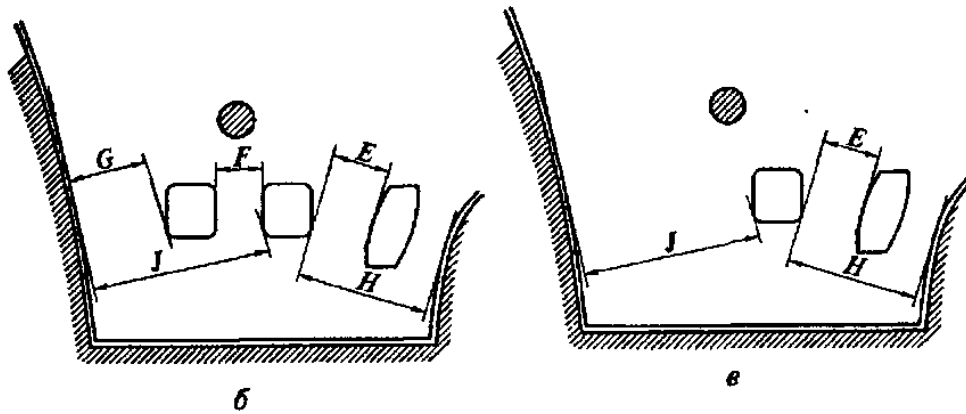


Рис. 2.6. Расположение педалей управления легковым автомобилем: а — общее расположение основных органов управления; б — три педали — трансмиссия со ступенчатой коробкой передач; в — две педали — автоматическая трансмиссия (численные значения параметров см. в табл. 2.4)



зовым автомобилем, приведены на рис. 2.5 и в табл. 2.3.

Таблица 2.4

Расположение педалей управления легковым автомобилем

Обозначение на рис. 2.6	Значение в зависимости от трансмиссии, мм			
	Со ступенчатой коробкой передач		Автоматическая	
	Максимальное	Минимальное	Максимальное	Минимальное
<i>E</i>	100	50	100	50
<i>F</i>	—	50	—	—
<i>G</i>	—	50	—	—
<i>H</i>	—	130	—	130
<i>J</i>	—	160	—	120

Рукоятка рычага управления коробкой передач должна располагаться в зоне, выделенной штриховкой на рис. 2.5.

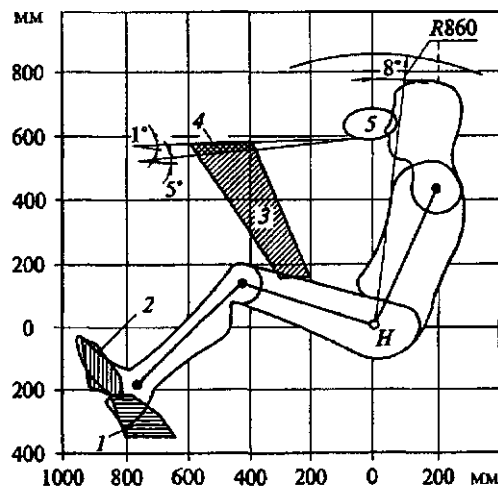
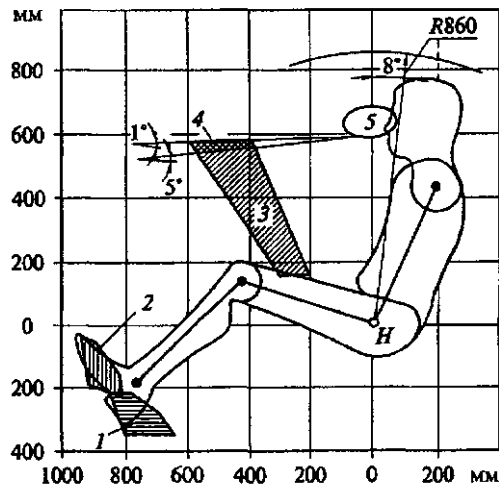


Рис. 2.7. Зоны расположения рулевого колеса и педалей легкового автомобиля:

1 — зона расположения точки *B*; 2 — зона расположения точки *A*; 3 — целесообразная зона расположения рулевого колеса; 4 — допустимая зона расположения рулевого колеса; 5 — зона вероятного расположения глаз водителя





На легковых автомобилях педали управления располагаются в соответствии с рис. 2.6 (ГОСТ Р 41.35—99) и табл. 2.4.

Для определения положения основных органов управления легковым автомобилем относительно точки  $R$  можно пользоваться данными, приведенными на рис. 2.7, где штриховкой выделены целесообразные зоны расположения точки  $A$  — условной точки приложения усилий ноги водителя к педалям, точки  $B$  — пятки (располагается на уровне пола), рулевого колеса и педалей (РД 37.001.003—82). Расстояние между точками  $A$  и  $B$  — 200 мм вдоль стопы, остальные размерные соотношения определяются с помощью координатной сетки рисунка.

Выбранное тем или иным способом расположение органов управления обязательно проверяется на соответствие требованиям действующих стандартов.

После определения геометрических параметров рабочего места водителя можно скомпоновать место для посадки пассажиров легкового автомобиля, располагающихся на заднем сиденье, поскольку предполагается, что пассажир, сидящий на переднем сиденье, размещается аналогично водителю.

Методика компоновки пассажирских мест аналогична применяемой к рабочему месту водителя, разумеется, за исключением того, что не приходится размещать органы управления (рис. 2.8).

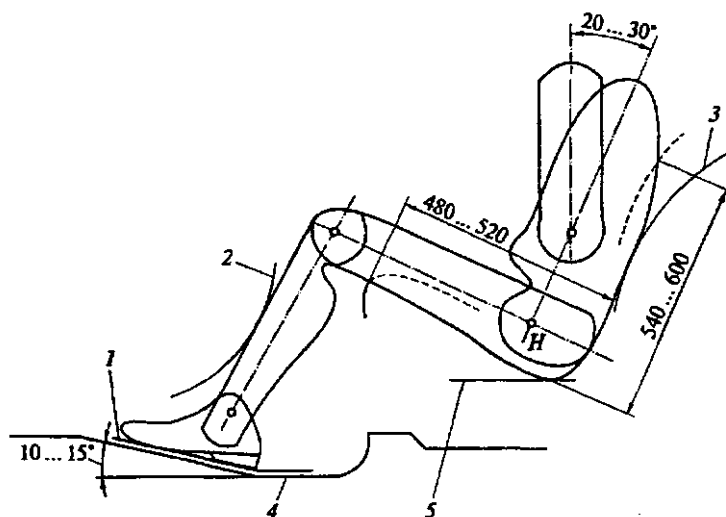


Рисунок Размещение пассажира 1 - ковер, 2 - задняя сторона сиденья водителя, 3 - кожух колеса, 4 - пол, 5 - уровень сжатой подушки сиденья

Для больших комфортабельных легковых автомобилей при компоновке посадки пассажиров используют двухмерный посадочный манекен 95-го уровня репрезентативности, а для небольших автомобилей часто применяют манекен 50-го уровня репрезентативности.

Толщина спинки переднего сиденья назначается ориентировочно: от 60... 80 мм для небольших автомобилей и до 100... 120 мм для больших. Необходимо предусмотреть свободное пространство под передним сиденьем, куда пассажир смог бы поместить переднюю часть стоп.

Более подробная информация о размещении пассажиров на сиденье приведена в гл. 7.

Для обеспечения удобной посадки водителя и пассажиров в автомобиль необходимо, чтобы дверные проемы имели достаточные размеры и рационально располагались относительно сидений. Минимальные размеры дверных проемов (для легковых автомобилей) показаны на рис. 2.9.

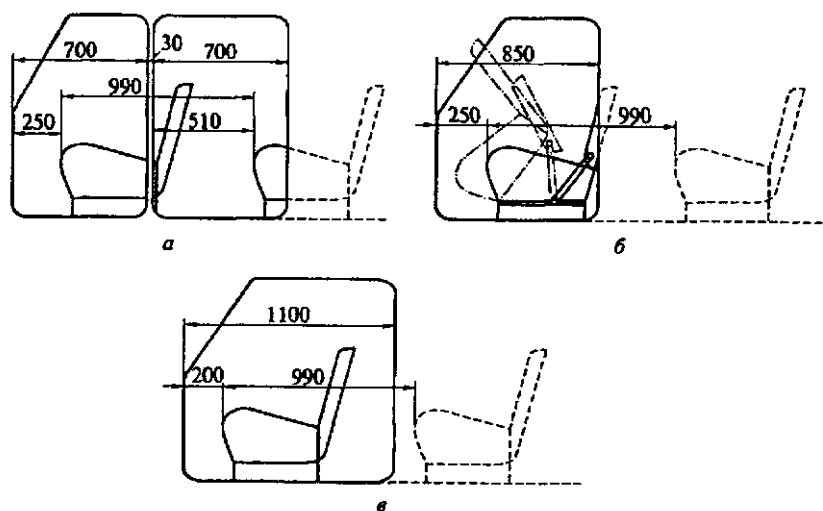


Рис. 2.9. Рекомендуемое относительное расположение дверных проемов

и сидений для легковых автомобилей: *а* — для четырехдверного кузова; *б* — для двухдверного кузова при откидывающихся передних сиденьях; *в* — для двухдверного кузова при неоткидывающихся передних сиденьях

Для грузовых автомобилей ширина прохода двери на уровне пола должна быть не менее 250 мм, а на уровне плеч — не менее 650 мм.

Чтобы обеспечить удобную рабочую позу для водителя небольшого роста, на месте водителя (для легковых автомобилей) размещается посадочный манекен 10-го уровня репрезентативности. Для получения удобной рабочей позы сиденье смещается, обычно вперед и вверх. Величина и направление необходимого смещения определяют диапазон регулирования положения сиденья. Применяемые направления регулировочных смещений сиденья показаны на рис. 2.10.

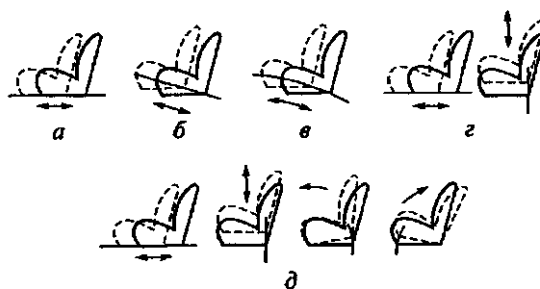


Рис. 2.10. Возможные направления смещения сиденья водителя при регулировках:

*a* — регулировка в горизонтальном направлении; *б* — регулировка по наклонной траектории; *в* — регулировка по дугообразной траектории; *г* — отдельная регулировка в горизонтальном и вертикальном направлениях; *д* — отдельная регулировка в продольном, вертикальном направлениях и по углу наклона

Для грузовых автомобилей диапазон регулирования продольного положения сиденья водителя должен быть не менее 100 мм (при пружинном сиденье — 150 мм), вертикального — не менее 60 мм (ОСТ 37.001.413-86).

Положение передней стойки кузова или кабины определяет положение стоек ветрового окна, зная которое становится возможным выбирать его форму. Разумеется, это можно сделать только с учетом общей концепции внешнего архитектурного оформления кузова или кабины.

На большинстве легковых автомобилей и на многих грузовых (а также и на автобусах) применяются гнутые ветровые стекла. Они могут иметь различную форму, но в ее основе обычно лежит цилиндр или конус (рис. 2.11). Часто используют стекла, имеющие в средней части цилиндрическую форму, а в боковых — коническую.

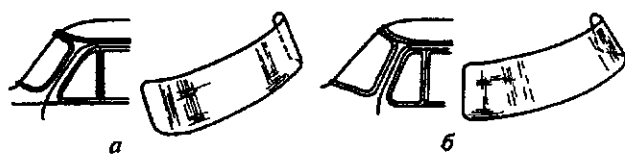


Рис. 2.11. Ветровые окна: *a* — с цилиндрическим стеклом; *б* — с коническим стеклом

После выбора расположения и формы ветрового окна появляется возможность определения параметров обзорности автомобиля

Под *обзорностью* понимают конструктивное свойство автомобиля или трактора, характеризующее объективную возможность и условия восприятия

водителем визуальной информации, необходимой для безопасного и эффективного управления автомобилем или трактором. Параметры обзорности автомобиля зависят оттого, к какой категории он относится.

Классификация автотранспортных средств (АТС) согласно ГОСТ 22895 — 77 в зависимости от назначения и полной массы приведена в табл. 2.5.

Чтобы определить параметры обзорности, необходимо построить характеристические точки положения глаз водителя. Их положение определяется относительно точки  $H$ , как это показано на рис. 2.12. На расстоянии 68 мм назад (вправо по чертежу) относительно точки  $H$  проводится вертикальная прямая и на ней откладывается отрезок  $U_0H_0$  длиной 627 мм. От полученной точки  $U_0$  вверх и вниз откладываются отрезки длиной по 38 мм. Полученные точки  $V_x$  и  $V_2$  считаются характеристическими точками положения глаз водителя, от них и проводятся построения, определяющие обзорность. В соответствии с ГОСТ Р 51266—99 при построении положения характеристических точек учитывается диапазон регулирования положения сиденья (изменяется размер 68 мм) и конструктивный угол наклона спинки сиденья.

Обзорность через ветровое стекло определяется условными зонами А и Б на наружной поверхности стекла автомобиля. При этом нормативная зона А располагается внутри нормативной зоны Б непосредственно перед водителем. Нормативное поле обзора П — условное поле передней обзорности в 180°-ном секторе, расположенном между горизонтальной плоскостью, проходящей на уровне глаз водителя (верхняя граница поля), и тремя другими плоскостями, составляющими в совокупности нижнюю границу поля, о чем подробнее сказано ниже.

Принцип построения нормативных зон А и Б поясняется рис. 2.13.

Из характеристических точек  $V_1$  и  $V_2$  под некоторыми нормативными углами ( $\alpha_1, \alpha_2$ ) проводятся вперед две плоскости: от точки  $V_1$  — вверх, а из точки  $V_2$  — вниз.

**Классификация автотранспортных средств  
в зависимости от назначения и полной массы**

Категория АТС	Тип АТС	Полная масса, т	Наименование АТС
<i>M</i>	АТС с двигателем, имеющие не менее четырех колес, предназначенные для перевозки пассажиров	Не регламентирована	Пассажирские и грузопассажирские автомобили, их модификации, автобусы, пассажирские автопоезда
<i>M<sub>1</sub></i>	То же, имеющие не более восьми мест для сиденья, кроме места водителя		
<i>M<sub>2</sub></i>	То же, имеющие более восьми мест для сиденья, кроме места водителя		
<i>M<sub>3</sub></i>		≤ 5,0	
<i>N</i>	АТС с двигателем, имеющие не менее четырех колес, предназначенные для перевозки грузов	Не регламентирована	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, а также шасси со смонтированными на них установками (специальные автомобили)
<i>N<sub>1</sub></i>		< 3,5	
<i>N<sub>2</sub></i>		3,5 ... 12,0	
<i>N<sub>3</sub></i>		> 12,0	

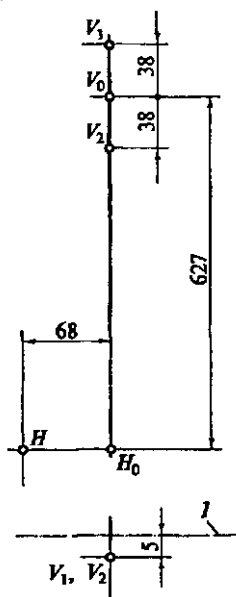


Рис. 2.12. Положение характеристических точек  $V_1$  и  $V_2$ , определяющих обзорность автомобиля:  
*I* — ось рулевого колеса при виде сверху

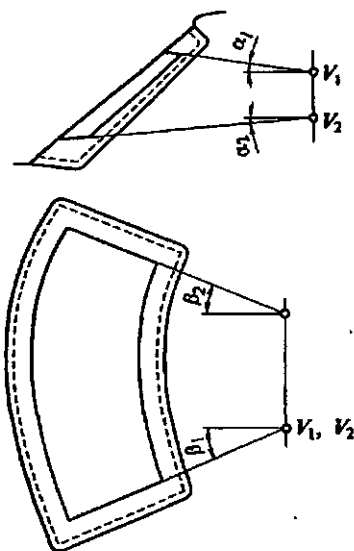


Рис. 2.13. Принцип построения нормативных зон обзора через ветровое стекло

Линии пересечения этих плоскостей с ветровым стеклом дают соответственно верхнюю и нижнюю границы нормативных зон А и Б. Для получения боковых границ зоны Б проводятся вертикальные плоскости, также под нормативными углами ( $\rho_1$ ,  $\rho_2$ ), влево и вправо, причем левая плоскость про-

водится из точек  $V_y$  и  $U_2$  (при виде сверху они сливаются в одну), а правая плоскость проводится из точки  $V$ , расположенной симметрично относительно продольной вертикальной плоскости автомобиля. Для получения боковых границ зоны А идущие вперед под нормативными углами плоскости проводятся только из точек  $V_1$  и  $V_2$ . Расположение нормативных зон на ветровом стекле показано на рис. 2.14.

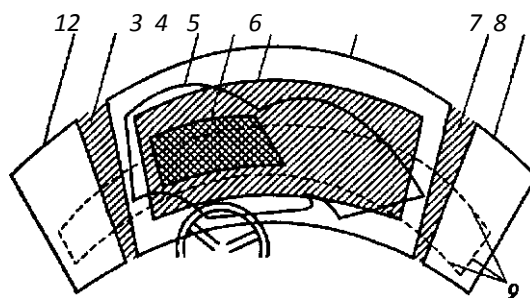


Рис. 2.14. Расположение нормативных зон А и Б переднего окна и нормативного поля обзора П:

1 — граница прозрачной части левого бокового окна; 2 — левая боковая стойка переднего окна; 3 — контур очистки переднего окна; 4 — граница нормативной зоны А; 5 — граница нормативной зоны Б; 6 — граница прозрачной части переднего окна; 7 — правая боковая стойка переднего окна; 8 — граница прозрачной части правого бокового окна; 9 — следы от плоскостей, являющихся границами нормативного поля обзора П

Конкретные значения нормативных углов, в соответствии с ГОСТ Р 51266 — 99, различаются в зависимости от категории АТС и от его компоновки (капотная, полукапотная или вагонная). Например, для обычного легкового автомобиля (категория М1) нормативные углы (в градусах): для зоны А — вверх 3, вниз 1, влево 13, вправо 20; для зоны Б — вверх 7, вниз 5, влево и вправо по 17, причем вправо — из точки, симметричной  $V_{l2}$ . Для грузового автомобиля полной массой свыше 12 т. для зоны А — вверх 6, вниз 7, влево 15, вправо 16; для зоны Б — вверх 6, вниз 10, влево 18, вправо 18 (из симмет-

ричной точки). Для других категорий и компоновок нормативные углы указаны в стандарте.

Расстояние между границами прозрачной части ветрового стекла и нормативной зоны Б должно быть не менее 25 мм.

Нормативная зона А должна очищаться практически на 100 %, нормативная зона Б — на 80 % (для некоторых случаев — на 70 %).

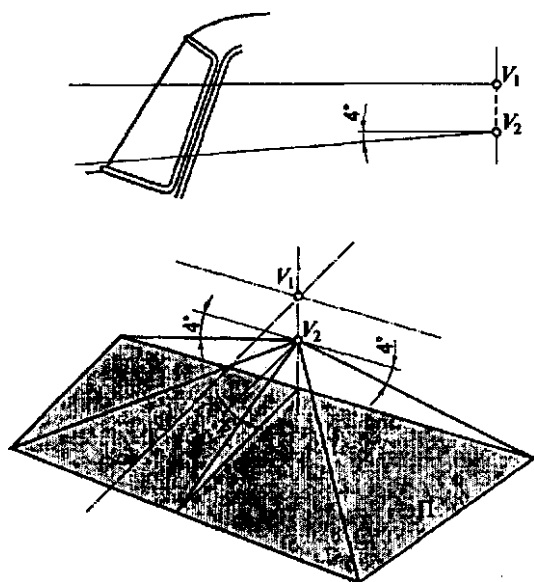


Рис. 2.15. Принцип построения нормативного поля обзора П

Принцип построения нормативного поля обзора П поясняется на рис. 2.15. Из нижней характеристической точки  $V_2$  под некоторым нормативным углом вниз проводятся три плоскости, как показано на рис. 2.15, причем значение этого угла  $4^\circ$ , обозначенное на рисунке, относится к обычным легковым автомобилям. В некоторых случаях (например, автомобиль категории  $M_3$  с полукапотной или вагонной компоновкой) этот угол может достигать  $17^\circ$ .

В нормативном поле обзора П не должно быть непросматриваемых зон, кроме создаваемых стойками окон и рамками поворотных форточек, зеркалами заднего вида, деталями стеклоочистителей, наружными радиоантеннами.

Кроме описанных норм, характеризующих параметры обзорности автомобилей, стандартом предусматривается также определение непросматри-



ваемых зон, создаваемых стойками ветрового окна, при этом учитывается бинокулярность зрения.

Каждое автотранспортное средство должно быть оснащено зеркалами заднего вида, позволяющими водителю при обычной рабочей позе наблюдать дорогу позади транспортного средства и с боков от него. Геометрические построения для определения поля обзора через зеркала проводятся из окулярных точек, соответствующих расположению глаз водителя, процедура этих построений описана в ГОСТ Р 41.46—99. Размеры и параметры зеркал также указаны в стандарте. На рис. 2.16 показано поле обзора через внутреннее зеркало заднего вида легкового автомобиля, а на рис. 2.17 и 2.18 — поля обзора через наружные зеркала заднего вида.

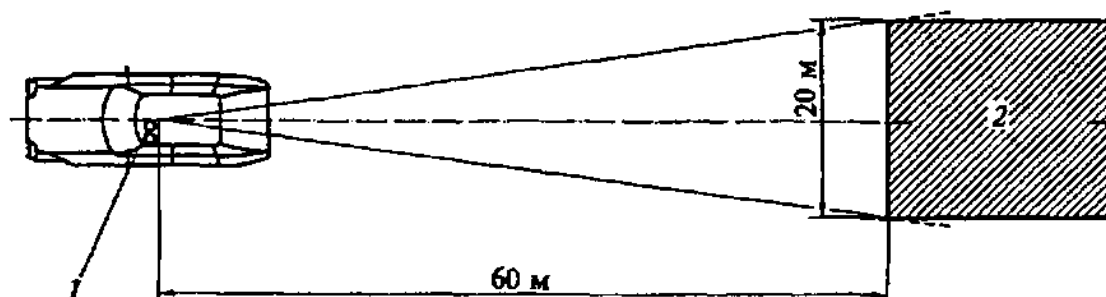


Рис. 2.16. Поле обзора через внутреннее зеркало заднего вида:  
1 — окулярные точки водителя; 2 — поле обзора на уровне дороги

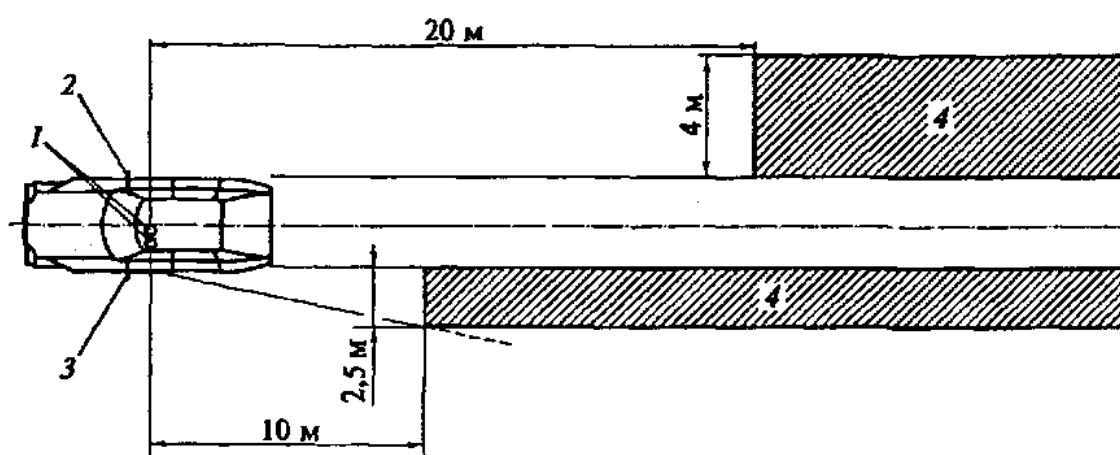
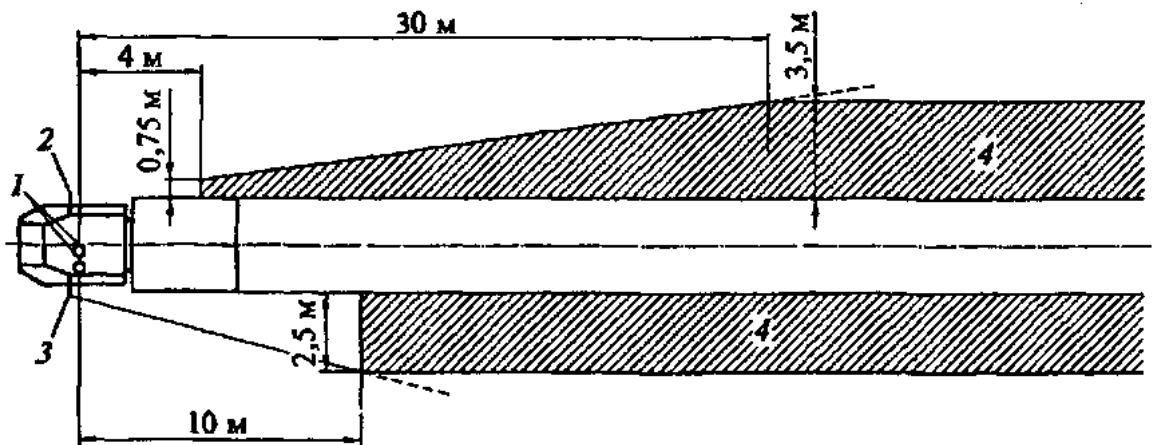


Рис. 2.17. Поле обзора через наружные зеркала заднего вида АТС категорий  $M_1$  и  $N_1$  массой до 2 т:

1 — окулярные точки водителя; 2 — правое внешнее зеркало заднего вида; 3 — левое внешнее зеркало заднего вида; 4 — поле обзора на уровне дороги



**Рис. 2.18. Поле обзора через наружные зеркала заднего вида грузовых автомобилей:**

*1* — окулярные точки водителя; *2* — правое внешнее зеркало заднего вида; *3* — левое внешнее зеркало заднего вида; *4* — поле обзора на уровне дороги

60

На основании изложенного можно кратко сформулировать последовательность действий при компоновке рабочего места водителя автомобиля.

1. Размещают двухмерный посадочный манекен 95-го уровня репрезентативности. Высоту сиденья выбирают с учетом типа автомобиля.

2. Определяют положение руля, педалей и других основных органов управления.

3. Компонуют посадку пассажира на заднем сиденье (для легкового автомобиля).

4. Ориентировочно определяют геометрические параметры дверных проемов.

5. На сиденье водителя помещают двухмерный посадочный манекен 10-го уровня репрезентативности и обеспечивают его удобную рабочую позу за счет перемещения сиденья, таким образом определяют необходимый диапазон регулирования положения сиденья.

6. Определяют параметры обзорности через ветровое окно и нормативного поля обзора.

7. Размещают зеркала заднего вида и обеспечивают обзорность через них.

8. Переходят к следующим этапам проектирования внутреннего пространства кабины: компонуют панель приборов, сиденья, элементы интерьера, о чем будет сказано далее.

### **2.3. Компоновка рабочего места водителя трактора**

Порядок компоновки рабочего места водителя трактора методически отличается от изложенного порядка работ при проектировании автомобилей.

Управление машинно-тракторным агрегатом осуществляется одним водителем (оператором). Поэтому на тракторах в большинстве случаев достаточно устанавливать одноместные кабины. Отдельные фирмы устанавливают по заказу съемное сиденье для пассажира.

Нормируют минимальные размеры одноместных кабин, в основном ширину и высоту. При этом руководствуются антропометрическими данными водителя 95-го уровня репрезентативности. Длину кабины не регламентируют, так как она во многом зависит от компоновки трактора.

При компоновке рабочего места водителя трактора прежде всего необходимо определить минимальные размеры и геометрическую форму поверхностей, ограничивающих пространство внутри кабины вокруг располагающегося на сиденье в удобной рабочей позе оператора. Эти параметры задаются стандартами. Изменять ограничивающие размеры в меньшую сторону нельзя, и обычно их увеличивают, потому что в кабине предусматривается место для верхней одежды, аптечки, термоса с водой или пищей, а иногда и для второго сиденья.

Внутренние размеры кабины задаются от контрольной точки отсчета сиденья (КТС) по ГОСТ 27715 — 88.

Минимальные размеры одно- и двухместных кабин сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов установлены в ГОСТ 12.2.120—88. Для одноместной кабины минимальная высота 1010 мм, минимальная ширина

900 мм на высоте от 310 до 810 мм от горизонтальной плоскости, проходящей через КТС (рис. 2.19). Ширина двухместной кабины на этой же высоте должна быть не менее 1400 мм. Расстояние от вертикальной плоскости, проходящей точку отсчета но быть не менее 365 мм. На рис. 2.19 показано также минимальное расстояние от рулевого колеса до любых конструктивных элементов кабины.

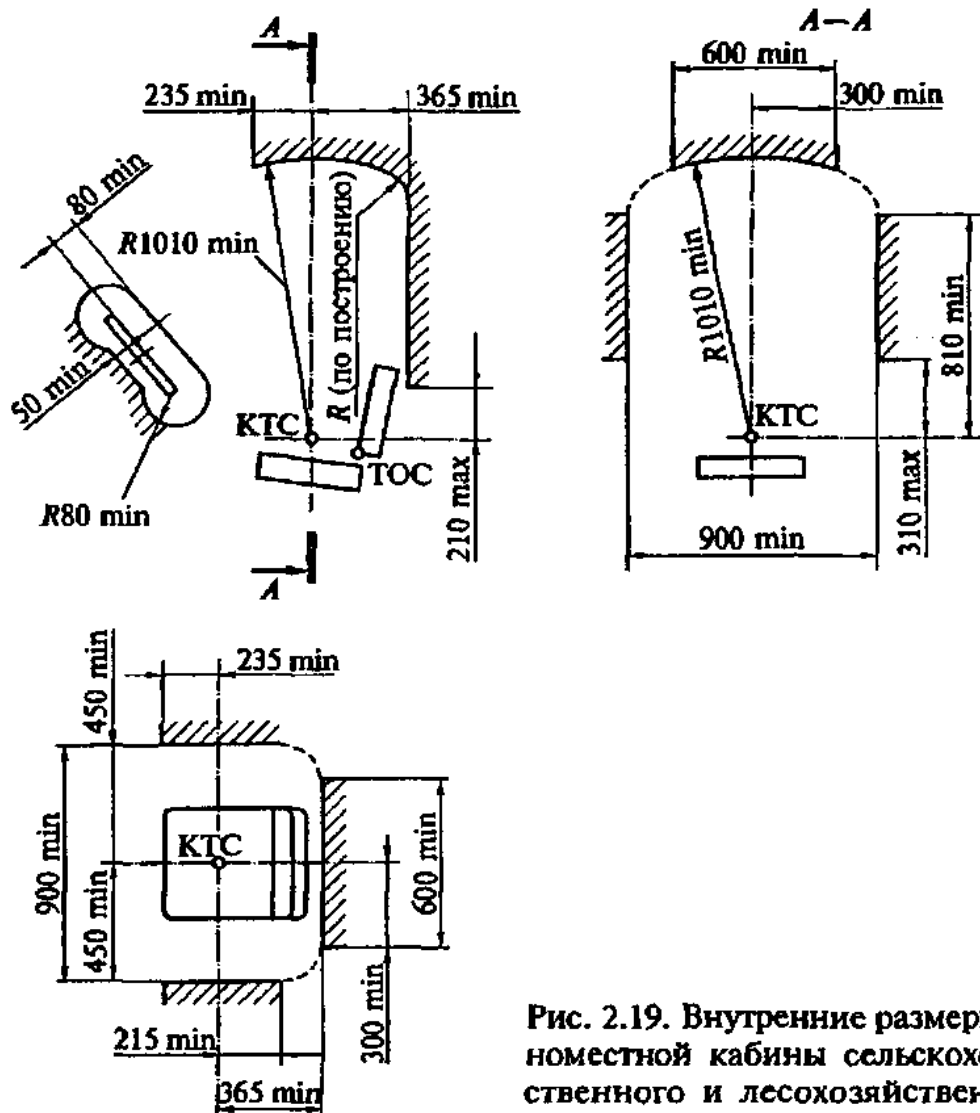
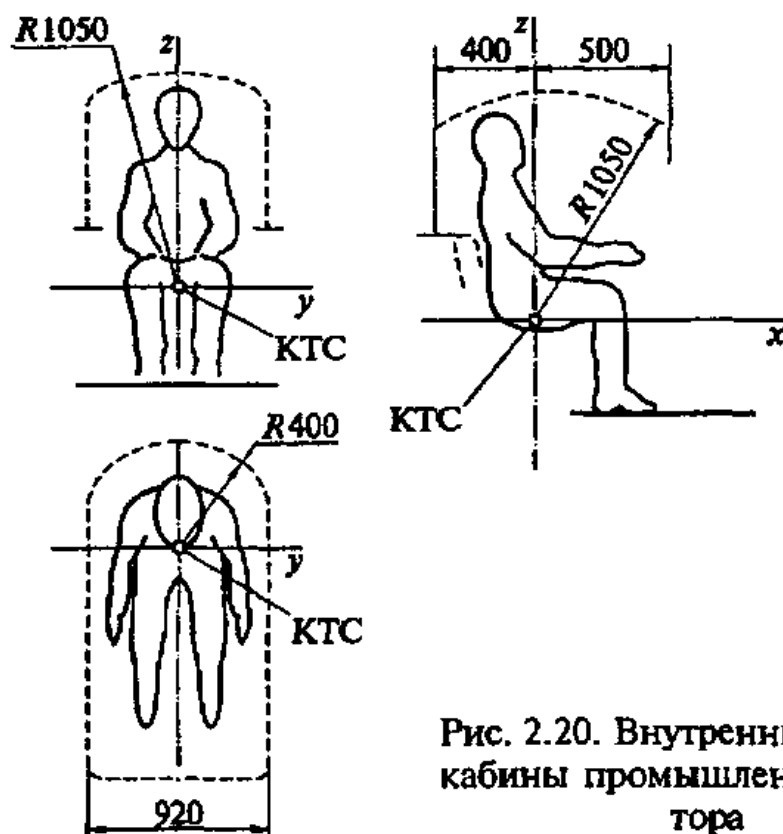


Рис. 2.19. Внутренние размеры одноместной кабины сельскохозяйственного и лесохозяйственного трактора

Минимальные размеры одноместной кабины и кабины с дополнительным сиденьем, рассчитанные на работу сидя, для промышленных тракторов регламентируются ГОСТ 12.2.121—88 (рис. 2.20).



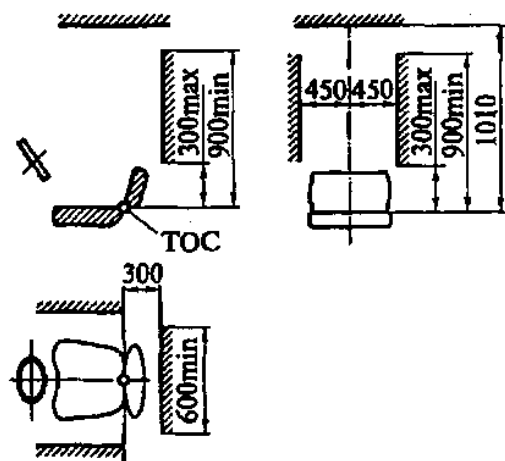
**Рис. 2.20. Внутренние размеры кабины промышленного трактора**

К конструктивным элементам, обеспечивающим безопасный вход и выход из кабины трактора, относятся следующие: дверной проем и двери кабины, ступеньки, поручни, аварийный люк. Полностью удовлетворяет требованиям безопасности по входу и выходу кабина со следующими параметрами:

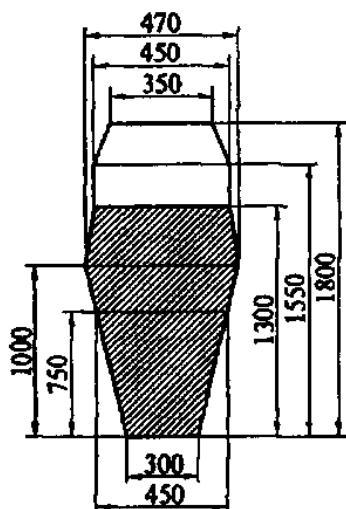
- высота пола кабины от опорной поверхности 1008 мм;
- высота дверного проема 1600 мм;
- ширина дверного проема 400 мм;
- ширина, глубина и высота ступеньки над уровнем опорной поверхности соответственно 300, 100 и 520 мм;
- расстояние между поверхностью пола и уровнем последней ступеньки 316 мм;
- угол выноса ступеньки наружу 55... 65°.

В соответствии с требованиями международных (ИСО) и отечественных стандартов тракторы должны быть оборудованы подножками и (или) лестницами при обязательном наличии поручней и (или) перил. Расположение,

размеры, требования к материалам этих элементов оговорены в стандарте. В качестве промежуточных подножек могут быть использованы конструктивные элементы иного назначения.



**Рис. 2.21. Минимальные значения параметров доступа к рабочему месту тракториста**



**Рис. 2.22. Размеры дверного проема**

На рис. 2.21 указаны значения параметров, регламентирующих требования доступа водителя к рабочему месту. Расстояние между кромкой проема двери и подушкой сиденья должно быть не менее 300 мм при среднем по регулировкам положении сиденья.

Размеры дверного проема при максимально возможном открытии двери установлены ГОСТ 12.2.120—88 (рис. 2.22). Если оператор работает сидя,

то высота дверного проема должна быть не менее 1300 мм, а если в положении стоя — 1800 мм. Заштрихованная зона на рис. 2.22 относится к кабине, где оператор работает сидя. Если двери открываются менее чем на 90°, размеры дверного проема должны быть увеличены настолько, чтобы размер в свету соответствовал указанным на рис. 2.22.

Кабина трактора должна иметь не менее трех аварийных выходов, которыми могут быть двери, окна, люки, причем каждый выход следует размещать на противоположных сторонах (на стенках, в крыше) кабины. Это требование важно соблюдать для повышения безопасности при опрокидывании трактора и заклинивании дверей. Размеры аварийных выходов должны соответствовать размерам дверного проема или быть следующими: для квадратного сечения не менее 600 x 600 мм; для прямоугольного — 470 x 650 мм; для круглого — 700 мм в диаметре; для овального — главные оси эллипса не менее 640 и 440 мм. Аварийные выходы должны открываться без применения инструмента. Окна кабины, если они предназначены для аварийного выхода, должны быть оснащены средствами для разбивания или оперативного демонтажа стекол.

На рис. 2.19 и 2.20 отсутствуют данные о продольных размерах кабины на уровне пола. Это объясняется следующими обстоятельствами.

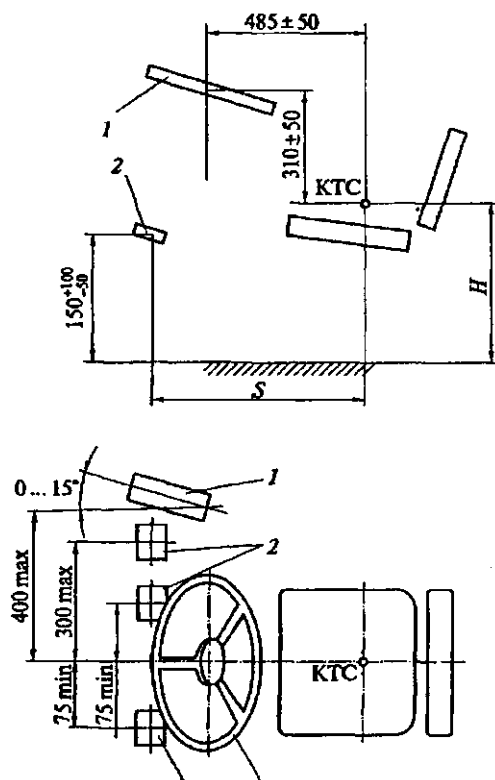


Рис. 2.23. Расположение основных органов управления трактором:

1 — педаль подачи топлива; 2 — педали тормозов; 3 — рулевое колесо;  
4 — педаль сцепления

Во-первых, при различной высоте сиденья для удобной рабочей позы оператора требуется разное расстояние до педалей: при низком сиденье оно увеличивается, при высоком — уменьшается. Во-вторых, операторы имеют разные антропометрические характеристики, и для удобства их работы сиденье должно регулироваться в продольном направлении на  $\pm 75$  мм, по вертикали на  $\pm 40$  мм относительно среднего положения, что также не позволяет жестко задать продольные размеры.

Расположение основных органов управления трактором показано на рис. 2.23. Вертикальный и горизонтальный размеры, определяющие взаимное расположение сиденья и центров педалей сцепления и тормозов, приведены ниже, мм:

$H (\pm 20)$ .....	435	455	475	495	515	535
$S (\pm 20)$ .....	715	695	685	665	645	625



Положение рулевой колонки должно регулироваться в продольном направлении (по углу установки) и по высоте (вдоль оси колонки) на величину  $(100 \pm 20)$  мм бесступенчато или с фиксацией не менее чем в четырех положениях по углу и в пяти — по высоте.

Опорные площадки основных педалей должны иметь длину и ширину не менее 60 мм, расстояние между кромками площадок неблокируемых между собой педалей — 50... 100 мм, блокируемых — 5... 20 мм. Угол разворота опорных площадок педалей, приводимых в действие стопой, не должен превышать  $15^\circ$  от продольной плоскости машины.

Расстояние от рукояток рычагов при любом их положении до элементов интерьера и до соседних рычагов должно быть не менее 50 мм, если рычаги приводятся в движение кистью, и не менее 25 мм, если они приводятся в движение пальцами. Если рычаги перемещаются одновременно двумя руками или предполагается работа в рукавицах, а также при отсутствии визуального контроля за положением рычагов расстояние между расположенными рядом и управляемыми кистью рычагами увеличивается до 100... 150 мм. Разумеется, что рукоятки органов управления, особенно управления движением, необходимо располагать в пределах зоны досягаемости оператора. При этом угол сгиба руки оператора в локтевом суставе должен быть близок к  $135^\circ$ , а усилие должно прикладываться в направлении «прямо на себя—от себя».

При работе рычагами точного и непрерывного управления в условиях значительных вибраций и колебаний, особенно низкочастотных, необходимо предусматривать опору для рук, например подлокотники.

Обзорность с рабочего места оператора трактора имеет важное значение, потому что многие технологические операции, выполняемые с помощью тракторов, требуют очень точного позиционирования рабочих органов машины, колес и гусениц относительно других предметов, а также точного выдерживания траектории движения машины. Основными оценочными показателями являются углы обзора функциональных зон и объектов наблюдения.

В качестве исходной точки отсчета параметров обзорности для сельскохозяйственных тракторов принята точка  $K$ , имеющая координаты 670 мм вверх и 10 мм вперед относительно КТС в продольной вертикальной плоскости. Ее положение имитирует положение глаз оператора. Углы, определяющие обзорность сельскохозяйственного трактора из кабины по ГОСТ 12.2.019—86, показаны на рис. 2.24, а их значения приведены в табл. 2.6.

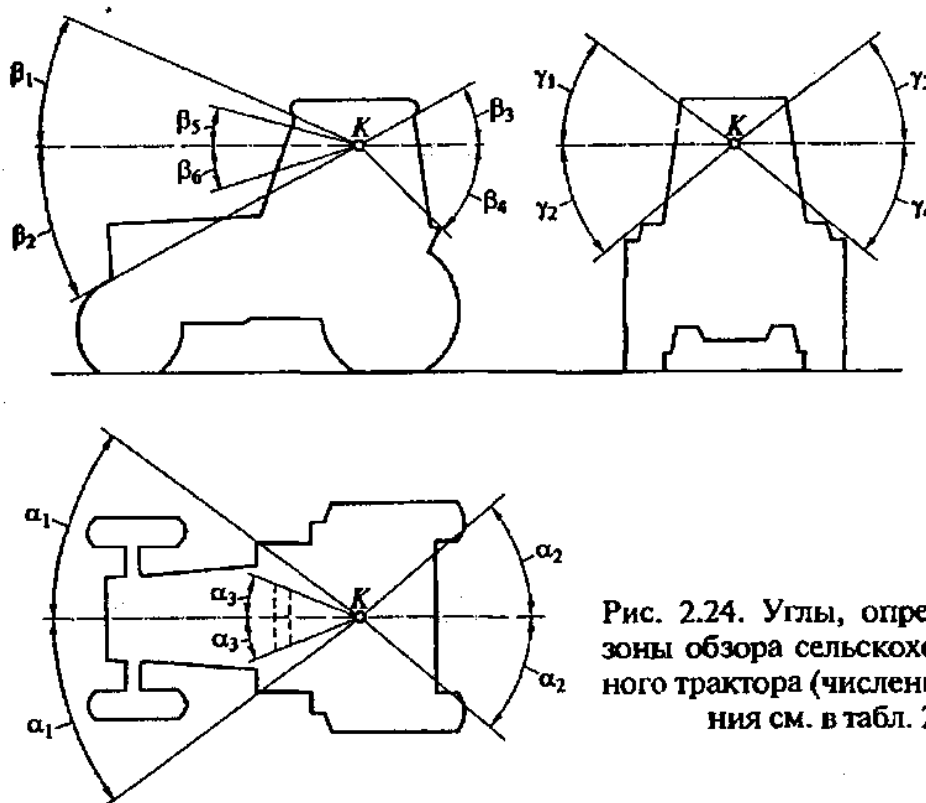


Рис. 2.24. Углы, определяющие зоны обзора сельскохозяйственного трактора (численные значения см. в табл. 2.6)

Таблица 2.6

Углы обзора, °, через окна кабины сельскохозяйственного трактора

Зона обзора	Обозначение угла обзора на рис. 2.24	Колесные* тракторы тяговых классов		Гусеничные тракторы всех классов
		0,6...2	выше 2	
Передняя	$\alpha_1$	60	60	60
	$\beta_1^{**}$	12	8	5
	$\beta_2$	35	35	35
Боковая	$\gamma_1, \gamma_3$	10	5	5
	$\gamma_2, \gamma_4$	35	25	30
Задняя	$\alpha_2$	30	30	30
	$\beta_3$	11	8	8
	$\beta_4^{***}$	30	30	30
Передняя (через зону очистки стеклоочистителя)	$\alpha_3$	20	20	30
	$\beta_5$	8	5	3
	$\beta_6$	20	20	20

\* Для тракторов тяговых классов S и выше со смешанным вправо сиденьем углы обзора должны быть:  $\alpha_2 \geq 60^\circ$  влево;  $\alpha_1 \geq 25^\circ$  вправо;  $\gamma_2 \geq 35''$ ;  $\gamma_4 \geq 20''$ .

\*\* Для тракторов, выполняющих транспортные работы на дорогах общего назначения.

\*\*\* Допускается уменьшение угла до  $20^\circ$  для тракторных самоходных шасси с расположением двигателя позади кабины

Для тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин особое значение имеет обзорность передних колес или передних частей гусениц. Эти параметры также регламентируются стандартом.

К тракторам универсально-пропашным и общего назначения (к каждому типу отдельно) предъявляются дополнительные требования в соответствии с технологическим назначением. Так, для универсально-пропашных тракторов необходимо обеспечить видимость точек 1 и 2, как показано на рис. 2.25. Это связано со спецификой перемещения трактора в междурядьях обрабатываемой культуры. Расстояние 250 мм между точками 1 и 2 гарантирует хорошую видимость защитной зоны.

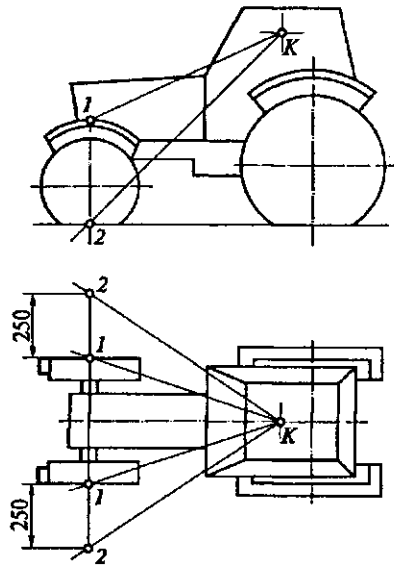


Рис. 2.25. Зоны видимости точек обзора передних колес трактора

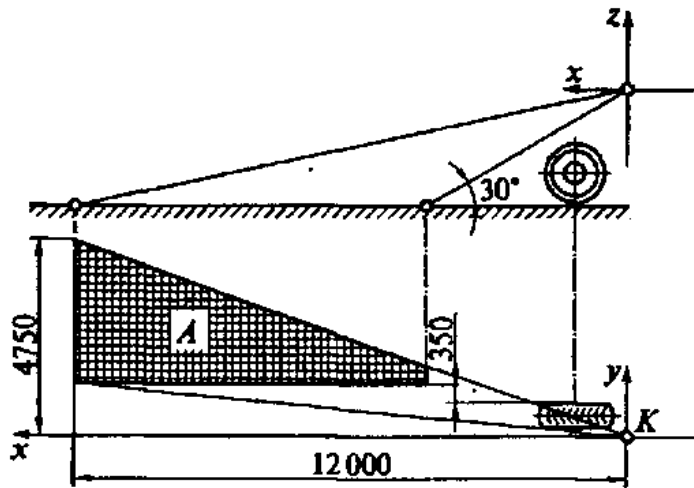


Рис. 2.26. Схема видимости участка *A* впереди колесного трактора

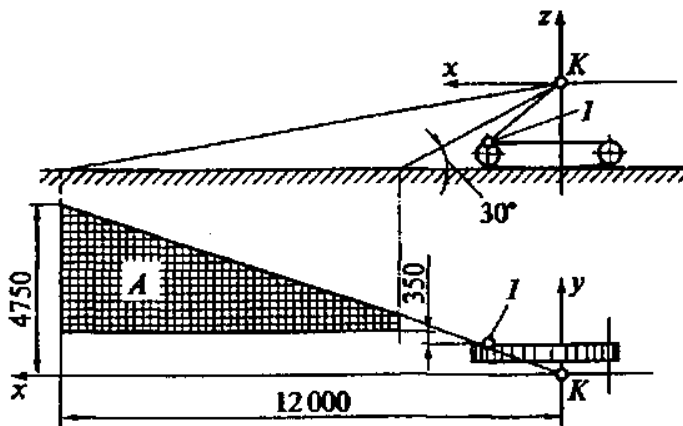


Рис. 2.27. Схема видимости участка *A* впереди гусеничного трактора и точки / на передней части гусеницы

На колесных тракторах общего назначения тяговых классов 3... 5 обязателен обзор участка *A* (рис. 2.26) площади перед передним колесом, а в гусеничных тракторах тяговых классов 2...5 — обзор передней части гусеницы (точка /) и участка *A* (рис. 2.27) площади перед гусеницей. В этой зоне располагается борозда, относительно которой направляют движение трактора общего назначения, или другой ориентир в зависимости от выполняемой операции.

Во многих случаях для обеспечения видимости этих зон в нижней части кабины или дверей трактора устраиваются специальные окна.

При использовании тракторов на транспортных работах на дорогах общего назначения на них распространяются правила ЕЭК ООН, согласно которым в пределах каждого сектора (1, 2, 3) вне круга радиуса *R* (рис. 2.28) допускается не более двух невидимых участков. Ширина *B* невидимого участка в секторе 1 (на радиусе *R*) не должна превышать 700 мм, а в секторах 2 и 3 — 1200 мм. В каждом из секторов 2 и 3 допускается увеличение ширины *B* одного из участков до 1500 мм, но при этом ширина другого невидимого участка не должна быть более 700 мм. Наличие таких требований по обзорности предопределяет ширину элементов кабины и каркаса.

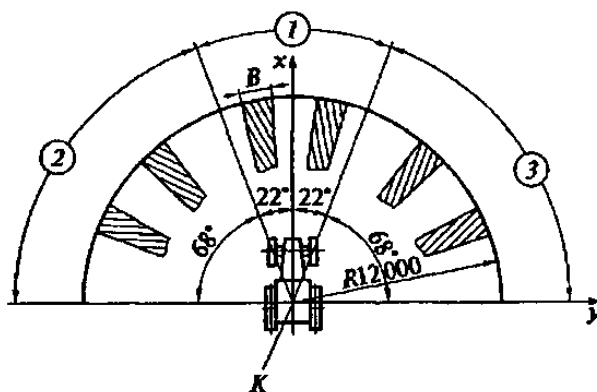


Рис. 2.28. Схема панорамной обзорности (для колесных тракторов класса 5 и выше  $R = 17\,000$  мм)

Для промышленных тракторов, исходя из специфики их работы, обзорность вперед определяется из точки  $K_1$  а назад — из точек  $K_2$  и  $K_3$ , расположение которых относительно КТС показано на рис. 2.29. Наличие трех точек и их расположение объясняется тем, что оператор, например, бульдозера должен практически половину времени работы смотреть вперед, а другую половину, при заднем ходе бульдозера — назад, оборачиваясь через правое или левое плечо, при этом глаза оператора оказываются примерно в точках  $K_2$  и  $K_3$ .

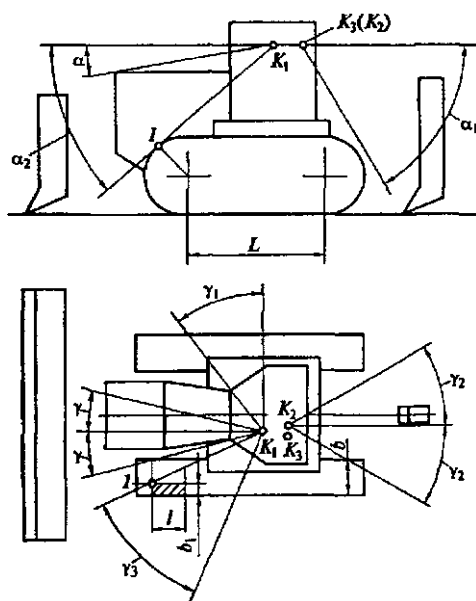
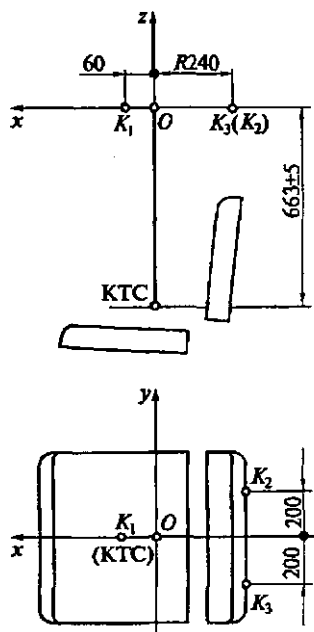


Рис. 2.29. Расположение точек отсчета обзорности мысленного трактора (значения углов промышленного трактора относительно КТС см. в табл. 2.7)

Таблица 2.7

Углы, °, определяющие зоны обзора промышленного трактора

Зона обзора	Обозначение угла на рис. 2.30	Трактор тягового класса		
		6; 10; 15	25; 35; 50	75
Передняя	$\alpha$	9	8	7
	$\gamma$	9	9	9
Передняя со стороны наблюдения: дополнительного преимущественного	$\gamma_1$	20	32	30
	$\gamma_3$	20	32	30
	$\alpha_2$	35	32	30
Задняя	$\alpha_1^*$	50	45**	43
	$\gamma_3$	40	30	30

Передняя зона обзора определяется углами  $\alpha$ ,  $\gamma$ ;  $\alpha_2$ ,  $\gamma_1$  и  $\gamma_3$  с вершиной в точке  $K_1$  (рис. 2.30), а задняя — углами  $\alpha_1$  и  $\gamma_2$  с вершинами в точках  $K_2$  и  $K_3$  (на рисунке показаны углы  $\gamma_2$  с вершиной в точке  $K_2$ , аналогично строятся углы  $\gamma_2$  с вершиной в точке  $K_3$ ). В передней зоне обзора оператор должен видеть точку  $l$ , расположенную на верхней части обвода гусеницы, и участок гусеницы у этой точки (заштрихованный на рисунке) с размерами не менее  $b_l$  х  $l$ . При этом  $b_l = 0,2 b$ , а  $l = 0,1L$ , где  $b$  — ширина гусеницы;  $L$  — продольная база трактора.

При работе промышленного трактора оператор должен видеть поверхности и объекты, находящиеся в рабочей зоне. Расположение и размеры этих объектов, показанные на рис. 2.31, должны соответствовать следующим соотношениям:

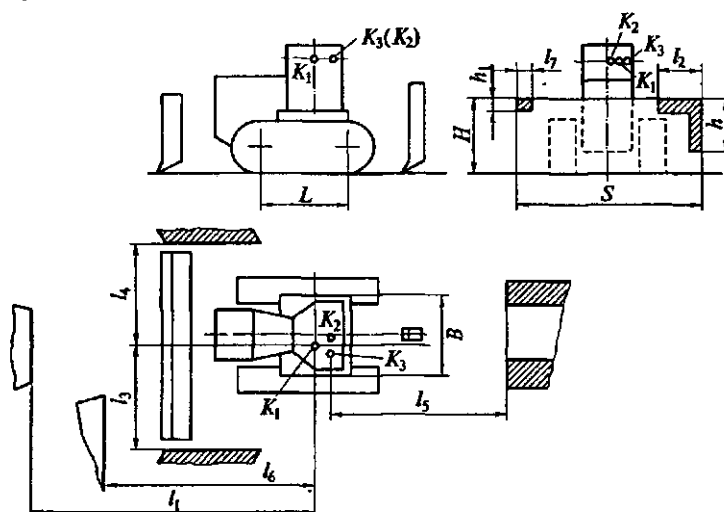


Рис. 2.31. Объекты наблюдения оператора промышленного трактора:  $L$  — продольная база трактора;  $B$  — поперечная база трактора;  $S$  — ширина отвала

- при наблюдении из точки  $K_1$

$$l \leq 7L; ; l_3 \leq 1,5B; l_4 \leq 1,7B$$

- при наблюдении из точки  $K_2$  и (или)  $A''_3$

$$l_5 \leq 2,5L$$

- при наблюдении из точки, не совпадающей с точкой  $A_b$

$$L_6 \leq 3L \quad l_7 h_1 \geq 0,05 \cdot 0,5H$$

## ГЛАВА 3 РАЗРАБОТКА ПАНЕЛИ ПРИБОРОВ

### 3.1. Общая компоновка приборной панели

В самом общем виде управление автомобилем или трактором представляет собой процесс непрерывного регулирования с помощью органов управления траектории движения и скорости на основе информации, которую водитель получает от объекта управления и окружающей среды через свои органы чувств. Основной канал получения этой информации — зрение. Значительная доля информации поступает к водителю от средств отображения информации (СОИ). Средства отображения информации могут быть различными: аналоговые и цифровые приборы разных видов, дисплеи, сигнальные лампы, индикаторы, световые табло и др. Они должны быть расположены перед водителем в доступных для обозрения местах. Основная часть СОИ помещается на панели, которую принято называть панелью приборов.

На самой первой стадии компоновки приборной панели необходимо решить два вопроса: как расположить приборную панель и какую информацию она должна предоставлять водителю, т.е. какие средства отображения информации она должна содержать.

Если транспортное средство имеет рулевое колесо (штурвал), то обычно панель приборов располагается за ним, что ограничивает ее обзорность водителем. Такое взаимное расположение рулевого колеса и панели приборов характерно для автомобилей.

При компоновке рабочего места водителя в первом приближении место размещения панели приборов можно определить с помощью построений, показанных на рис. 3.1.



На боковой проекции автомобиля строятся характеристические точки положения глаз водителя  $K$ , и  $V_2$ . Порядок их нахождения изложен в предыдущей главе. На компоновочном чертеже должно быть указано положение рулевого колеса. Поскольку верхняя точка рулевого колеса обычно лежит вблизи нижней границы зоны обзорности переднего окна, то панель приборов приходится размещать таким образом, что она видна водителю только в пространстве между ободом рулевого колеса в его верхней части и ступицей рулевого колеса. Исходя из этого осуществим следующее построение. Из верхней характеристической точки положения глаз водителя  $V_1$  проводим два луча: один через нижнюю кромку обода рулевого колеса, другой — через верхнюю кромку его ступицы. Эти лучи в ориентировочной зоне размещения панели приборов дают отрезок  $A_1$ . Этот отрезок будет виден из точки  $V_x$ . Затем так же проведем два луча из точки  $V_2$ , они дадут отрезок  $A_2$ , который будет виден из точки  $V_2$ . Очевидно, что изображенный на рисунке отрезок  $A$  будет виден из обеих точек. В этой зоне и следует располагать среднюю часть панели приборов.  $X$  Продольные размеры, определяющие положение панели приборов, диктуются следующими соображениями. С одной стороны, желательно поместить ее возможно ближе к водителю. Тогда ему будет удобнее видеть мелкие детали (целения и цифры на шкалах приборов и др.), но в этом случае размеры панели получатся меньше, потому что лучи из точек  $V_1$  и  $V_2$  расходятся, а свободное пространство между панелью и рулем уменьшится до недопустимой величины. С другой стороны, при реальной компоновке автомобиля область в верхней части переднего щита кузова оказывается крайне насыщенной различными устройствами. В результате разместить здесь приборы, которые имеют существенные размеры по глубине, трудно, тем более что панель приборов сверху обычно закрывается козырьком. Обычно место расположения панели приборов по глубине определяется на основе компромисса.

Построение, проведенное на рис. 3.1, задает лишь ориентировочное положение панели приборов. Конструктор должен иметь в виду, что обзорность

приборов будет ограничена не только сверху и снизу (ободом рулевого колеса и его ступицей в среднем сечении), но и с боков. Представление о реальной обзорности дает рис. 3.2. Кроме обода рулевого колеса и его ступицы, обзорности приборов мешают также руки водителя при их обычном положении на руле (помечены буквой Р). Таким образом, водитель может видеть лишь зону, выделенную на рисунке штриховкой. Здесь и следует располагать основные средства отображения информации.

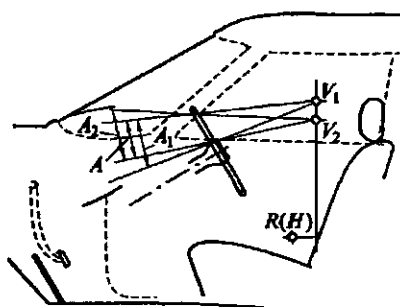


Рис. 3.1. Построение зоны расположения панели приборов

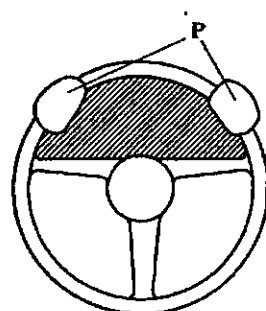


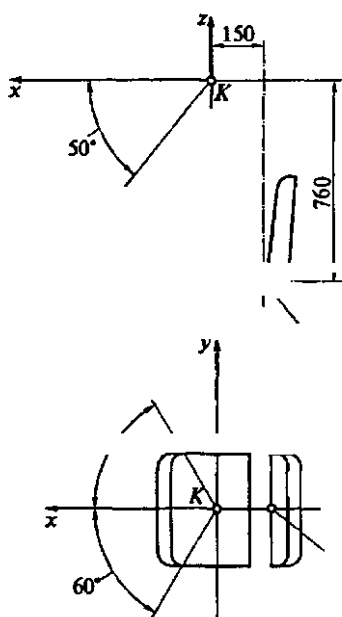
Рис. 3.2. Зона обзорности панели приборов через рулевое колесо

Однако заштрихованная область на рис. 3.2 также не дает полного представления о реальной зоне, в которой следует поместить панель приборов. Как известно, человек имеет бинокулярное зрение, и благодаря этому боковые границы зоны видимости панели будут шире, чем заштрихованная область рисунка. Можно определить рациональное место размещения панели приборов с помощью какой-либо из современных графических компьютерных программ, но окончательное решение обычно принимается только после изготовления посадочного макета кабины.

Панель приборов, расположенная за рулем, — это не единственное место для размещения средств отображения информации. Можно использовать пространство слева и справа от рулевого колеса, на консоли посередине автомобиля под передней панелью кузова, а также в передней части потолка кабины. Световые индикаторы иногда помещают над панелью приборов, у нижней кромки переднего окна.

При компоновке панели приборов трактора следует руководствоваться действующими стандартами, касающимися размещения средств отображения информации (ГОСТ 12.2.019—86).

За исходную точку, относительно которой проводятся построения при компоновке расположения приборной панели, принимается точка отсчета параметров обзорности  $K$ . Ее положение, в свою очередь, определяется относительно точки отсчета сиденья (см. гл. 2). Расстояние от точки  $K$  до поверхности приборов, имеющих шкалы и буквенно-цифровой алфавит, должно быть в пределах 500...850 мм.



ТОС Рис. 3.3. Углы, определяющие зоны возможного расположения средств отображения информации трактора

Контрольно-измерительные приборы и другие средства отображения информации должны быть расположены в пределах зоны, ограниченной углами, показанными на рис. 3.3. Следует иметь в виду, что значения этих углов даны ориентировочно. Конкретные их значения следует принимать в соответствии с действующими стандартами. В технически обоснованных формированиях трактора могут располагаться и в других местах, это допускается стандартами. В любом случае конструктор должен не слепо следовать предписаниям и правилам, а учитывать реальные компоновочные особенности машины. Панель приборов ни в коем случае не должна ограничивать внеш-

нюю обзорность трактора. Необходимо учитывать, что панель приборов может заслоняться от водителя рулем или рычагами, на которых он постоянно держит руки.

### **3.2. Информативность приборной панели**

Важным вопросом, который решает конструктор, является выбор конкретных приборов и других информационных устройств, которыми должен быть оборудован автомобиль или трактор, и в каком композиционном порядке эти устройства должны быть размещены на панели приборов, на ограниченном пространстве информационного поля.

Основную зрительную информацию о дорожной обстановке, о подвижных и неподвижных ориентирах водитель получает извне. К приборам он обращается эпизодически, каждое обращение происходит за время 0,5... 0,8 с, а общее время обращения обычно не превышает 1 % рабочего времени. За время обращения водитель должен выбрать из всей совокупности информации, которая предоставляется ему на панели, нужную для него в данное время, считать ее с информационного устройства, осмыслить, чтобы затем выполнить то или иное воздействие на автомобиль или трактор с помощью органов управления. Считывание информации протекает в условиях острого дефицита времени, причем этот дефицит увеличивается с ростом скорости движения и плотности транспортного потока.

При каждом обращении к панели приборов водитель, не осознавая этого, решает поисковую задачу. Время ее выполнения зависит от следующих факторов:

- общего числа элементов информационного поля;
- плотности элементов информационного поля и характера фона;
- структуры информационного поля;
- маршрута движения глаз;

- разнообразия элементов информационного поля.

Одна из основных рекомендаций — число приборов, расположенных на панели, должно быть минимальным, но достаточным.

Расположенные на панели приборов устройства не должны «налезать друг на друга», они должны четко выделяться, даже если расположены под общим стеклом. Расстояние между отдельными устройствами должно быть достаточным для фиксации взгляда именно на этом устройстве. Фон приборной панели не должен отвлекать на себя внимание водителя. Как отрицательный пример можно привести циферблаты наручных или настенных часов с различными цветными картинками на них.

Чтобы уменьшить время, которое водитель затрачивает на поиск нужного информационного устройства, целесообразно различные приборы (индикаторы, сигнальные лампы и т.д.) располагать на панели отдельными функциональными зонами. Например, сведения о режиме работы двигателя (частоте вращения коленчатого вала, температуре, давлении масла и др.) лучше получать от устройств, которые расположены вблизи друг от друга. Зону их размещения можно выделить каким-либо дизайнерским приемом: обвести каймой, обозначить цветом или как-то иначе. Также целесообразно выделить средства отображения информации о параметрах движения автомобиля (скорости, пройденном пути, суммарном пробеге). Иначе говоря, структура информационного поля должна быть упорядочена.

В гл. 1 упоминалось, что точка взгляда водителя перемещается по информационному полю скачками. При этом каждый такой скачок требует определенного времени. Поэтому желательно, чтобы нужную информацию водитель смог бы получить при коротком маршруте движения глаз по панели приборов. Не должно быть излишнего разнообразия элементов информационного поля, не следует делать, например, каждый прибор или ячейку светового табло своего размера.

Представляемая водителю на панели приборов информация может быть количественной и качественной.

Количественная информация (скорость движения автомобиля или трактора, частота вращения коленчатого вала двигателя, суммарный или суточный пробег и т.п.) оценивается числами. Такая информация может предоставляться водителю в аналоговой или цифровой форме. Пример аналогового представления информации — стрелочный прибор, цифрового представления — число на барабанчике суточного пробега. Таким образом, стрелочный прибор или цифровое информационное устройство предоставляют одинаковые сведения, однако воспринимаются они водителем по-разному.

Качественная информация показывает состояние объекта: включено—выключено, много—мало, достаточно—недостаточно (например, недостаточное давление в системе смазывания двигателя). Для такой информации подходят сигнальные лампочки, световые индикаторы и т.п.

Для получения точной количественной информации со стрелочного прибора человек должен сопоставить положение стрелки и деления на шкале и учесть число, которое этому делению соответствует. В результате процесс отображения информации в сознании человека имеет несколько стадий, что требует определенного времени. Предоставление информации цифровым устройством сразу дает некоторое число, следовательно, человеку для ее восприятия требуется меньше времени, при этом исключаются ошибки, связанные с тем, что на стрелочном приборе стрелка может не вполне точно совпадать с делением шкалы и требуется некоторая интерполяция показаний прибора.

Если прибор отражает динамический процесс, например увеличение частоты вращения коленчатого вала двигателя при разгоне автомобиля (тахометр), то оказывается, что стрелка плавно перемещается по шкале, и ее движение легко прогнозируется водителем, а цифровой прибор дает быстро меняющиеся числа, и уследить за их сменой невозможно. Стандарты предписывают, что частота смены цифр не должна превышать двух в секунду. Если учесть, что весь разгон динамичного автомобиля на одной из низких передач не превышает нескольких секунд, станет понятным, что цифровой прибор

для такого использования непригоден. При стрелочном тахометре водитель периферическим зрением оценивает положение стрелки, даже не привязывая его к конкретным делениям шкалы, и этой информации ему достаточно. В то же время многие системы автомобиля и трактора меняют свое состояние медленно, но при этом желательна высокая точность их оценки. В этом случае целесообразно использовать цифровые устройства. В цифровой форме удобно представлять пробег автомобиля, отработанные дизелем моточасы и др.

Устройства зрительной информации могут иметь различное оформление. Уже упоминалось о стрелочных приборах, которые постоянно «предъявляют себя», будучи расположены на панели приборов. Сигнальные лампочки и ячейки световых табло могут светиться или не светиться. Иногда используется дисплей, например, на экране постоянно изображается шкала спидометра, занимая все его поле. Другая информация, в аналоговом или цифровом виде, появляется на экране в двух случаях: по вызову водителя, например нажатием кнопки, или принудительно, при выходе какого-либо контролируемого параметра за допустимые пределы. Чаще всего используется жидкокристаллический дисплей, но при этом приходится мириться с тем, что при низкой температуре он работает очень медленно. Экраны на основе электронно-лучевой трубки в принципе могут использоваться на автомобиле или тракторе, но они имеют ряд недостатков с точки зрения их применения в достаточно «суровых» условиях.

Большой объем информации, правда, в режиме «да—нет», может быть представлен светящимися индикаторами, объединенными в табло или расположенными отдельно. На лицевой части индикатора наносится условное обозначение, позволяющее идентифицировать индикатор и систему, к которой он относится. При большом числе контролируемых систем расположить индикаторы непосредственно на панели приборов обычно не удастся, и тогда их помещают на отдельном табло, которое находится, например, на потолке кабины автомобиля вблизи зеркала заднего вида. Естественно, что водитель

не смотрит постоянно в это место, и для привлечения его внимания в хорошо просматриваемом месте панели приборов размещают сигнальный знак, который вспыхивает (иногда мигающим светом) при каком-либо нарушении в работе одной из систем. Сигнал говорит водителю: «посмотри на табло», а уже включившийся индикатор на табло информирует о конкретном событии.

Сигнальные лампочки (или светодиоды) целесообразно использовать, если без дополнительных надписей можно понять, к чему относится ее сигнал. Так, например, если включилась красная лампочка на указателе количества топлива в баке, то водитель однозначно понимает, что топлива осталось мало.

Действующими стандартами и практикой установлено, что *зеленый цвет* сигнальной лампы или индикатора информирует о нормальном функционировании какой-либо системы, например о том, что включено наружное освещение автомобиля.

*Желтый сигнал* — предупреждающая информация, имеющая уведомительный характер. Он говорит о том, что требуется принятие каких-либо мер, но решение остается за водителем.

*Красный сигнал* индикатора — аварийный, он требует принятия немедленных мер или запрещает какое-либо действие. Такой сигнал информирует, например, о недопустимом падении давления масла в смазочной системе двигателя, об отказе одного из контуров тормозной системы и т. п.

Конкретный комплект приборов и других средств отображения информации, которые должны быть установлены на автомобиле, зависит от класса автомобиля, предполагаемой квалификации водителя, а зачастую и от требований моды. Обычно автомобили высоких классов имеют более широкий набор средств отображения информации, но в ряде случаев, например, если владелец дорогого автомобиля не профессиональный водитель, не имеет смысла снабжать такую машину большим количеством приборов, потому что их показания ему не всегда понятны и могут лишь напугать обилием информации. Лучше потратить усилия конструктора и дизайнера на создание при-



влекательного вида панели приборов. Если же таким автомобилем управляет наемный профессиональный водитель, то лучше подробно информировать его о состоянии отдельных систем. На недорогих автомобилях количество средств отображения информации часто диктуется требованиями снижения цены.

Набор средств отображения информации на тракторе определяется, помимо соображений цены, теми технологическими задачами, для выполнения которых он предназначен и которые обеспечиваются установленным оборудованием, навесными орудиями и т.д.

Средства отображения информации, размещаемые на панели приборов автомобиля, классифицируются по иерархическим признакам. Учитываются два основных фактора: *обязательность или необязательность применения* с точки зрения стандартов и правил и *скорость изменения параметра*, который отражается данным прибором. Последнее обстоятельство позволяет разделить все средства отображения информации на приборы постоянного и периодического пользования.

Обязательным прибором на автомобиле является *спидометр*, он требует постоянного наблюдения, его показания меняются быстро. Это прибор постоянного пользования, поэтому он устанавливается в композиционном центре приборной панели. Часто рядом с ним помещают *тахометр*, его применение не обязательно, но показания очень важны с точки зрения экономии топлива и долговечности двигателя. Чаще всего эти приборы имеют круговые шкалы. На циферблате спидометра обычно помещают цифровые счетчики пройденного пути: суммарный и суточный. Счетчик суточного пробега размещается таким образом, чтобы стрелка спидометра не перекрывала его. Этот прибор снабжается устройством сброса показаний.

Другой обязательный прибор — *указатель количества топлива в баке*. Его показания не могут быстро измениться во время движения автомобиля или трактора, это прибор периодического пользования, его можно поместить

не в самом удобном месте панели приборов. Если для взгляда на него водитель должен немного повернуть голову, то это вполне допустимо.

*Указатель температуры охлаждающей жидкости* двигателя обычно размещают в хорошо видимом месте приборной панели, его показания важны для обеспечения работоспособности двигателя.

*Указатель давления масла* в системе смазки двигателя — важный прибор, но его часто заменяют контрольной лампочкой или индикатором. Устанавливается в хорошо просматриваемой зоне панели приборов.

Общий индикатор тревожного изменения параметров какой-либо системы автомобиля, сигнализирующий о необходимости обращения к табло индикаторов, помещается на одном из самых видных мест панели приборов. Иногда ему придают форму предупреждающего дорожного знака — желтый треугольник с красной каймой и восклицательным знаком в центре.

Другие приборы и индикаторы стараются разместить в пределах видимого информационного поля панели приборов с учетом того, что перегруженность панели элементами затрудняет восприятие необходимой информации, а главные приборы, прежде всего спидометр, должны иметь по возможности крупные размеры.

Чтобы сократить время, которое водитель тратит на поиск и оценку нужной информации, на стрелочных приборах целесообразно выделять зоны, характеризующие то или иное состояние объекта контроля. Например, на тахометре обычно выделяется зона недопустимо высокой частоты вращения коленчатого вала. Это очень полезно, потому что в процессе разгона автомобиля водителю важно знать не конкретное числовое значение частоты вращения, а то, не повысилось ли ее значение до опасных пределов. Кроме того, на этой шкале можно выделить зону, в которой возможно включение турбокомпрессора, и зону, соответствующую экономичной работе двигателя (такая зона часто выделяется и на спидометре). Зоны чаще всего обозначаются цветными полосами (зеленой — для зоны экономичной работы; красной — для зоны опасно высокой частоты вращения вала двигателя).

В целом панель приборов позволяет водителю создать информационную модель объекта управления и оценить его работу.

Перечень средств отображения информации для автомобилей и тракторов имеет много общего, но на тракторах дополнительно могут быть применены приборы, контролирующие ход выполнения технологического процесса при работе тракторного агрегата и его производительность (буксование двигателя, частоту вращения вала отбора мощности, площадь обработанного поля и т.п.).

### **3.3. Правила проектирования шкал приборов**

В гл. I упоминалось о методике оценки времени реакции человека на тот или иной сигнал. Подобная методика применяется и для оценки свойств шкал автомобильных приборов. Для этого используют исследовательский моделирующий комплекс (рис. 3.4).

Человек размещается за пультом управления, имитирующим рабочее место водителя. Перед ним на экране «бежит дорога», подобно тому, как это делается в компьютерных играх. Человек может с помощью органов управления влиять на «движение» своего автомобиля. В результате создается иллюзия реального движения автомобиля по дороге. На панели приборов располагаются такие средства отображения информации, которые характерны для данного автомобиля. Время от времени, по словесной команде или иному сигналу, водитель должен считать показания того или иного прибора и называть эти показания. Оценивается время речевого ответа и правильность считывания показаний прибора (процент ошибок).

В качестве испытуемых привлекаются водители с разным уровнем профессиональной подготовки, разного возраста и пола, с различными антропометрическими характеристиками. В результате статистической обработки полученных результатов делаются выводы, в частности, об информативных и других свойствах панели приборов.

В некоторых случаях испытания проводятся в кабине реального транспортного средства, которая устанавливается на специальном имитаторе. Кабина во время «движения» подвергается тряске, наклоняется вперед-назад и в стороны, создавая достаточно полную иллюзию езды по неровной дороге или испытательной трассе полигона. При специальных испытаниях вокруг кабины могут воспроизводиться различные шумовые эффекты, вспышки света и т. п.

Возможности описанных испытательных комплексов очень широки, но сейчас нас интересует только оценка различных шкал приборов.

Одним из основных обязательных приборов автомобиля является спидометр. Он, как упоминалось, располагается вблизи центра информационного поля панели приборов. На рис. 3.5 показано несколько вариантов шкал спидометра и приведены сведения о проценте ошибочных считываний показаний.

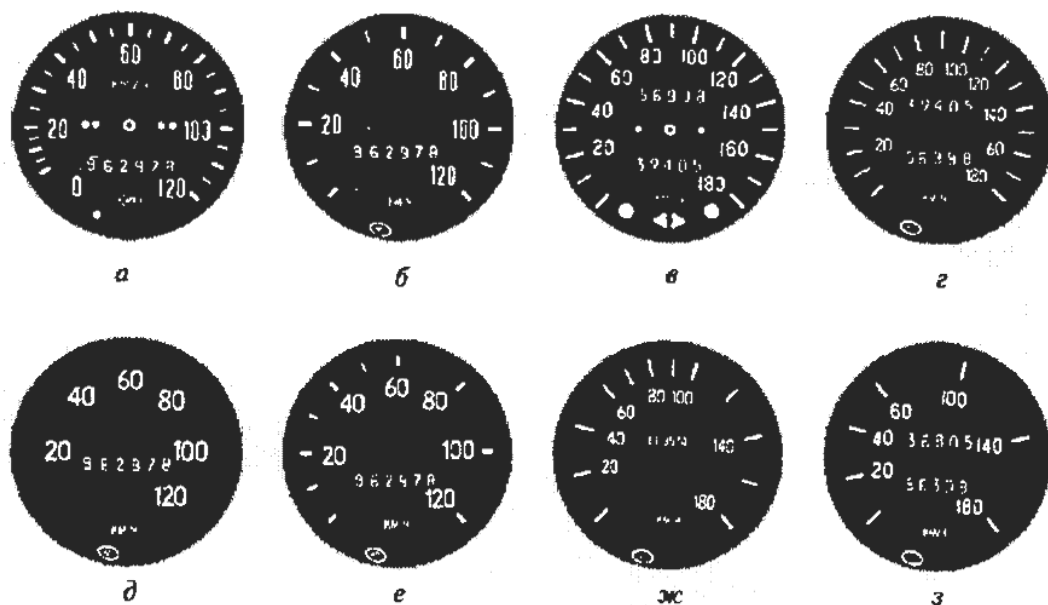


Рис. 3.5. Различные варианты шкал спидометра и полученные при испытаниях ошибки считывания показаний:

*а* — ошибка 2%; *б* — ошибка 6%; *в* — ошибка 6%; *г* — ошибка 3%; *д* — ошибка 10%; *е* — ошибка 4%; *ж* — ошибка 10%; *з* — ошибка 0%

Ниже приведены основные рекомендации по конструктивному оформлению шкал и циферблатов приборов.

*Модуль оцифровки* — форма представления чисел, соответствующих делениям шкалы. Он может быть нескольких видов:

единичный (1...2...3...4...);

пятеричный (5... 10... 15...20...);

десятичный (10...20...30...).

Наиболее удобный для чтения и дающий наименьший процент ошибок считывания — десятичный модуль. Если измеряемая величина выражается большими числами, то на шкале применяется десятичный модуль оцифровки и указывается общий множитель, например  $\times 100$ . Для тахометра можно применять единичный модуль с указанием общего множителя  $\times 1000$ , тогда частота вращения легко оценивается водителем в тысячах оборотов в минуту.

*Число делений шкалы* должно быть минимальным и соответствовать реальной точности измерительной системы. Например, указатель уровня топлива в баке обычно дает довольно ориентировочные показания в связи со сложной формой бака и нелинейностью поплавкового датчика уровня. В этом случае достаточно поставить на шкале всего три деления (0 — 1/2 — 1). Аналогичным образом, нет смысла на шкале спидометра между основными делениями шкалы с десятичным модулем оцифровки (10, 20, 30 км/ч и т.д.) проставлять девять делений, каждое из которых будет соответствовать 1 км/ч, поскольку реальная точность автомобильного спидометра — около 5 %. Для удобства интерполяции показаний прибора между основными делениями шкалы можно нанести промежуточные деления через 5 км/ч

*Ориентация цифр* должна быть горизонтальной. Это относится к обычному исполнению прибора, когда шкала неподвижна, а стрелка перемещается. В некоторых случаях круглую шкалу делают поворотной, а показания считываются, когда деление шкалы подходит к неподвижному указателю. В этом случае ориентация цифр на шкале — радиальная, но они появляются в окошке для считывания в вертикальном виде. При такой поворотной

шкале в окошке должно появляться одновременно не менее двух чисел, чтобы оператор мог предвидеть, какое число появится следующим. Совершенно недопустима при неподвижной шкале радиальная ориентация, подобная использованной на циферблате часов Спасской башни Московского Кремля.

*Равномерность шкалы* — важное эргономическое требование. Однако известно, что многие измерительные устройства, применяемые на автомобилях и тракторах, и, соответственно, шкалы их приборов имеют существенную нелинейность. В этих случаях оцифровка делается равномерной, а основные деления наносятся в тех местах, где они должны быть для указания соответствующих оцифровке значений. При этом шкала получается несколько неравномерной, но это чаще всего удается сгладить различными дизайнерскими приемами. Так, шкалы спидометров в области очень малых скоростей движения (а здесь нелинейность особенно велика) часто вообще не имеют делений, а стрелка начинает отклоняться, например, только со скорости 10 км/ч или более.

*Возрастание показаний приборов* поясняется рис. 3.6.



Рис. 3.6. Направление движения стрелки прибора при возрастании показаний

При возрастании показаний прибора стрелка (указатель) должна перемещаться: при круговой шкале — по часовой стрелке; при дуговой и прямоугольной горизонтальной — слева направо; при прямоугольной вертикальной — снизу вверх.

*Система делений и цифр* для приборов одного размера и установленных рядом должна быть одинаковой. Например, если спидометр и тахометр помещены в среднюю часть информационного поля приборной панели, то их

шкалы должны иметь одинаковые размеры цифровых обозначений, основных и дополнительных штрихов. Должна быть одинаковой также «степень подробности» шкалы, т.е. если при десятичном модуле оцифровки на одной из шкал наносятся промежуточные деления через пять единиц, то такие же деления должны быть и на другой шкале.

*Расположение указателя и делений шкалы* должно быть таким, чтобы конец стрелки (указателя) находился возможно ближе к делениям шкалы, а сама стрелка не перекрывала оцифровку. Надо отметить, что эта рекомендация в автомобильных и тракторных приборах с круговой шкалой часто нарушается. Это объясняется тем, что конструктор стремится расположить деления шкалы на возможно большем радиусе при ограниченном пространстве на приборной панели, и ему приходится помещать оцифровку внутри окружности, описываемой концом стрелки. Обычно это не вызывает неудобств у водителя, потому что расположение основных делений шкалы легко запоминается, а тонкий конец стрелки перекрывает оцифровку не полностью.

*Размеры цифр и линий* выбираются в зависимости от расстояния, на котором шкала находится от водителя, и от общего дизайнерского решения панели. Обычная высота цифр на шкалах — 6... 10 мм при толщине линий 0,5... 1,0 мм. Ширина штриха чаще всего колеблется от 1 до 2 мм, длина — от 5 до 10 мм, оцифрованные штрихи должны быть существенно толще и длиннее остальных.

*Размер шкал* приборов выбирают в зависимости от отображаемой информации: желательный диаметр шкалы приборов, несущих наиболее важную информацию, — 120... 130 мм, менее важную — 70... 80 мм, остальных — 50 мм.

*Цветовое решение шкал* приборов — очень важная характеристика, существенно влияющая на надежность считывания информации. Оптимальный цвет шкалы автомобильного или тракторного прибора — черный матовый при белых цифрах и штрихах. Хорошие результаты дает также несколько «приглушенный» белый цвет цифр, а стрелку иногда делают оранжевой.

Надо учитывать, что стандарты предусматривают необходимость максимального контраста между цветами шкалы (фона) и символов.

*Подсветка приборов* должна обеспечивать хорошую видимость их в темное время суток. Чаще всего она осуществляется лампочками накаливания, расположенными внутри прибора и освещающими его шкалу рассеянным светом. Применяется также подсветка шкал лампочками, расположенными за шкалой и подсвечивающими цифры и штрихи, которые выполнены прозрачными. Стрелка подсвечивается отдельной лампочкой. Часто для распределения света внутри прибора используются световоды из прозрачной пластмассы, которые позволяют подсвечивать всю шкалу, а иногда и несколько приборов от одного источника света.

Таким же способом часто подсвечивают кнопки и другие органы управления.

Яркость подсветки должна регулироваться, потому что условия внешнего освещения в темное время суток, например, на городской улице и сельской дороге сильно различаются. Обычно подсветка приборов включается автоматически при включении внешних световых приборов, но на многих автомобилях она включается независимо от этого при запуске двигателя.

Подсветка приборов может выполняться разными цветами. Считается, что наиболее приятен для глаз зеленый цвет, но в ряде случаев в последние годы подсветка выполняется бледно-красным цветом, такой цвет используется и на многих самолетах. На дорогих автомобилях иногда стрелка спидометра выполняется прозрачной и подсвечивается изнутри, причем цвет подсветки изменяется от зеленого при небольшой скорости движения до желтого и красного с увеличением скорости.

### **3.4. Уменьшение вероятности ошибок считывания показаний приборов**

Даже если шкалы приборов правильно сконструированы, а приборы удачно расположены в зоне видимости, и их ничто не закрывает, все равно



существует вероятность неверного считывания их показаний. Ошибки считывания определяются многими причинами, основные из которых рассмотрены в этом подразделе.

Прежде всего, прибор должен быть правильно ориентирован относительно линии взгляда — перпендикулярно ей. В противном случае возникает ошибка, связанная с параллаксом. Поскольку стрелка прибора расположена несколько выше шкалы, при взгляде на нее сбоку кажется, что она указывает на иное место, чем если бы на нее смотрели перпендикулярно плоскости шкалы. Представление об искажениях истинного изображения, связанных с параллаксом, можно получить из рис. 3.7. На рис. 3.7, *а* и *б* показано, как видит наблюдатель наборный диск обычного телефонного аппарата, если смотрит на него не под прямым углом относительно его основной плоскости, а на рис. 3.7, *в* представлен истинный вид диска.

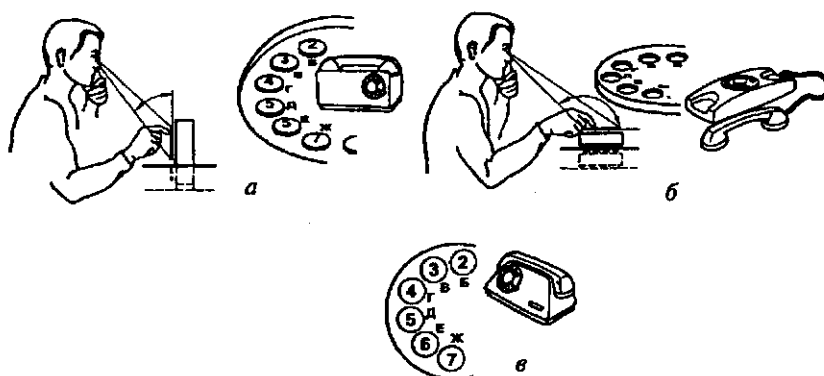


Рис. 3.7. Вид наборного диска телефонного аппарата при различных углах обзора:

*а, б* — при углах, отличающихся от прямого; *в* — истинный вид диска

Для уменьшения негативного влияния параллакса автомобильные и тракторные панели приборов, имеющие значительные размеры, делаются изогнутыми, с таким расчетом, чтобы расположенные по краям панели приборы были ориентированы перпендикулярно линии зрения водителя.

Другим источником ошибок считывания показаний приборов являются световые блики и нежелательное (паразитное) отраженное изображение в покровном стекле прибора. Например, если водитель одет в белую рубашку, то в солнечный день в плоском стекле находящегося перед ним прибора он уви-

дит светлое пятно, которое будет мешать ему видеть шкалу. Нежелательное освещение прибора внешним светом также может мешать. Не случайно человек, если он хочет днем рассмотреть комнату через застекленное окно, приближает лицо вплотную к стеклу и закрывается с боков руками.

Чтобы избавиться от излишнего освещения приборов внешним светом, над панелью выполняют козырьки или отдельные приборы помещают в достаточно глубокие «колодцы» с черными стенками, а покровные стекла наклоняют и придают им специальную форму. Эффект от применения покровных стекол различных форм поясняется на рис. 3.8.

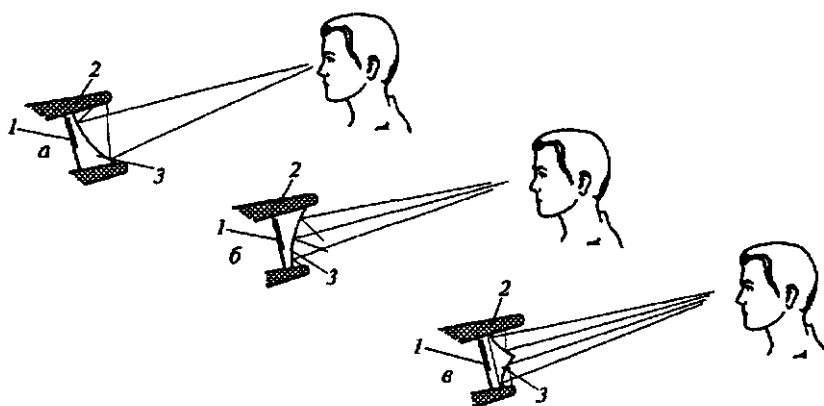
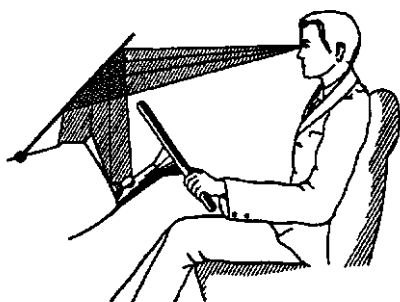


Рис. 3.8. Формы покровных стекол приборной панели:  
*a* — цилиндрическое стекло с наклоном вверх; *б* — цилиндрическое стекло с наклоном вниз; *в* — стекло для круглого прибора; 1 — шкала прибора; 2 — козырек; 3 — покровное стекло

Если над панелью приборов имеется нависающий сверху козырек, а сама панель прикрыта наклоненным вверх стеклом (рис. 3.8, *a*), то водитель увидит в стекле отражение нижней части козырька, и если она черная, то водитель практически не видит отраженного в стекле изображения, что и требуется.



### Рис. 3.9. Отражение приборов в переднем стекле

Часто нижнюю часть рамки вокруг панели приборов не удается сделать достаточно глубокой, и отодвинуть от панели нижнюю кромку стекла оказывается невозможным. Тогда стекло наклоняют вниз (рис. 3.8, б), и в нем оказывается отражение нижней, неосвещенной, части кабины, что также дает положительный эффект.

Если на панели приборов расположены отдельно вмонтированные в нее круглые приборы, то можно закрыть каждый из них круглым стеклом, имеющим форму, показанную на рис. 3.8, е. Если к тому же прибор расположен в углублении с черными стенками, то такое конструктивное решение оказывается очень эффективным, так как водитель практически не видит стекла и отражения в нем.

В темное время суток, при движении автомобиля по дороге, освещаемой только фарами самого автомобиля, серьезное неудобство и даже опасность может представлять отражение освещенных приборов в переднем стекле, как это видно на рис. 3.9. По яркости изображений дорога и отражение приборов в стекле сопоставимы, что мешает водителю наблюдать дорогу. Козырек над панелью приборов устраняет это неприятное явление.

Попутно заметим, что в стекле могут отражаться не только приборы, но и освещенные светом приборов рулевая колонка и рулевое колесо, поэтому их целесообразно делать темными и неблестящими.

## ГЛАВА 4 ОСНОВЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

### 4.1. Теория промышленного дизайна

*Дизайн* (от англ. *disigri*) — это художественно-конструкторская деятельность в промышленности, охватывающая творческую деятельность дизайнера (художника-конструктора), методы и результаты его труда, условия их реализации в производстве. Цель дизайна — создание новых видов и типов промышленных изделий высокого технического уровня, содержание и форма которых отвечают требованиям общественной пользы, удобства эксплуатации и красоты.

Формообразование в технике во многом определяется особым, только ей присущим характером связи разрабатываемого объекта и человека, функциональными процессами, влиянием конструкции на форму и наоборот. Форма промышленного изделия, ее целесообразность и красота, ее связь с человеком и материальной средой — главный объект работы художника-конструктора. Создавая новую форму, дизайнер учитывает три основных аспекта: функциональный, конструктивный и эстетический.

Теоретической основой промышленного дизайна является *техническая эстетика*. Одним из важнейших разделов технической эстетики является теория композиции. *Композиция* есть искусство группировать элементы и свойства конструируемого изделия для достижения его целостной и выразительной формы.

Целостность формы промышленного изделия отражает логику и органичность связи конструктивного решения с его композиционным воплощением. Композиционно организованная форма воздействует на человека в процессе утилитарного потребления изделия, в процессе работы. Промышленные изделия, созданные художником-конструктором только на основании

отработки их внешней формы и не идущие от конструктивной основы, часто не находят применения.

Изучение механизма восприятия формы дизайнером весьма полезно в творческом плане, поскольку помогает раскрыть сущность профессиональной интуиции. Обычно эмоциональный анализ идет по следующей схеме: первоначальное впечатление о форме изделия -> суждение о ней -> анализ композиции на основе теории строения формы -> выводы и окончательное решение о форме.

Для достижения композиционной целостности формы художник-конструктор должен соподчинить основные формообразующие элементы изделия. Композиционное равновесие — это такое состояние формы, при котором все элементы изделия сбалансированы между собой.

**Средства композиции.** Основными средствами композиции являются: пропорции, симметрия и асимметрия, статика и динамика, тектоника, объемно-пространственная структура, масштабность, ритм, акцент, нюанс, цвет, контраст.

Пропорции. Под пропорциями в технической эстетике понимают соразмерность элементов, систему отношений частей формы предмета между собой и с целым, придающую ему гармоническую целостность и художественную завершенность.

Форма почти всегда зримо расчленяется на части, которые обычно являются подобными. Это придает форме определенную зрительность. В технике степень обусловленности формы конструкцией значительна. Трудно представить себе пропорционирование автомобиля и трактора до определения их типа, колесной формулы, кинематики и схемы привода. После уточнения конструкции с помощью расчетов, определения габаритных размеров сборочных единиц и деталей дизайнер может представить себе форму и уточнить размерные соотношения главных элементов объемно-пространственной структуры. Стадии инженерной отработки конструкции предшествуют отработке формы, в результате чего пропорции автомобиля и трактора являются

производными от его инженерной компоновки. Пропорциональный строй, соразмерность частей и целого служат важной проверкой технического совершенства конструкции. Следует признать, что пропорции во многом складываются объективно — они связаны с основой конструкции.

В художественном конструировании часто пользуются модульными пропорциями, или пропорциями кратных отношений. Их можно применять, если в основе пропорционального строя лежит условная единица, называемая модулем. При проектировании конструкций для гармонизации размеров элементов часто используют арифметическую или геометрическую прогрессию. Соотношения размеров находят с помощью математических расчетов или геометрических построений. На рис. 4.1 показана геометрическая интерпретация арифметической и геометрической прогрессии.

В первом случае (рис. 4.1, а) разность сторон квадратов будет равна

$$H_1 - H_2 = H_2 - H_3 = H_3 - H_4 = a.$$

Во втором (рис. 4.1, б) — отношение сторон квадратов

$$H_1/H_2 = H_2/H_3 = H_3/H_4$$

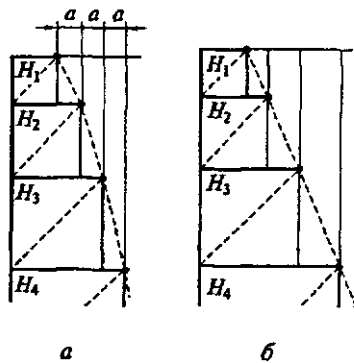


Рис. 4.1. Интерпретация арифметической (а) и геометрической (б) прогрессии

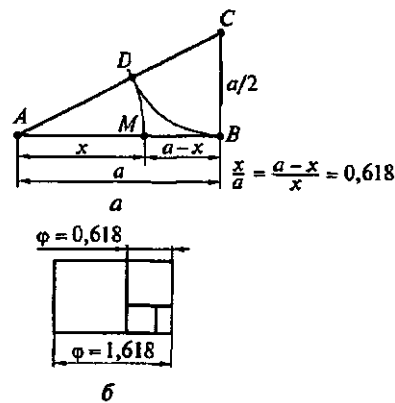


Рис. 4.2. Пропорции золотого сечения

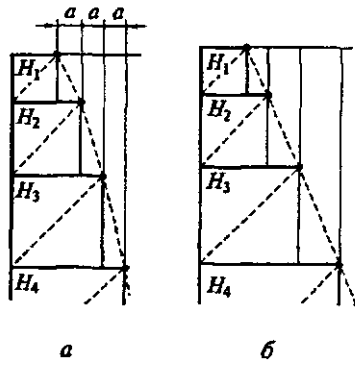


Рис. 4.1. Интерпретация арифметической (а) и геометрической (б) прогрессии

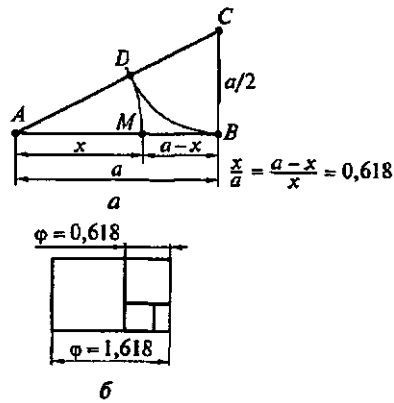


Рис. 4.2. Пропорции золотого сечения

Наиболее приятна для глаза соразмерность, называемая золотым сечением. *Золотое сечение* — это деление отрезка на две неравные части, при котором большая его часть относится к меньшей, как весь отрезок — к большей части. Это отношение равно 1,618 и обозначается  $\Phi$ . Часто применяют обратную величину — отношение меньшего отрезка к большему, оно равно 0,618 и обозначается  $\phi$ .

Деление отрезка в этом отношении описано Евклидом. Возьмем произвольный отрезок  $AB = a$  (рис. 4.2, а), восстановим перпендикуляр  $BC = a/2$ . Соединим точки  $A$  и  $C$ . Проведем дугу окружности радиусом  $a/2$  с центром в точке  $C$ , при пересечении с гипотенузой  $AC$  получим точку  $D$  затем проведем дугу окружности радиусом  $AD$  с центром в точке  $A$ . Точка  $M$ , в которой дуга пересекает отрезок  $AB$ , является золотым сечением. На рис. 4.2, б показан «золотой прямоугольник», у которого отношение ширины к высоте равно  $\phi$ . Если от «золотого прямоугольника» отрезать квадрат, то полученный прямоугольник тоже будет «золотым» и т.д.

Отношение золотого сечения может быть получено и расчетным путем. Для этого используется последовательность Фибоначчи, в которой каждый член, начиная с третьего, равен сумме двух предыдущих: 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34 и т.д. Отношение этих чисел, начиная с третьего, дает приближенное отношение золотого сечения (1/1; 1/2; 2/3; 3/5; 5/8; 8/13; 13/21; 21/34 и т.д.). Гармоничность, придаваемая отношением золотого сечения форме, обусло-

вила применение его в технике. Наиболее широко применяется пропорционирование с помощью золотого сечения легковых автомобилей. В тракторах важнее всего соотношение высоты и длины, длины и продольной базы.

Симметрия и асимметрия. Под *симметрией* понимают такой порядок в построении формы, при котором соблюдается соразмерность, пропорциональность и расположение частей и целого относительно осевой линии, центра. Различают осевую, зеркальную, центральную симметрии. Все они используются в автомобиле- и тракторостроении. По закону симметрии организуют виды автомобилей и тракторов спереди, сверху и сзади. Абсолютной симметрии в природе практически не существует. В технике же широко используется отступление от симметрии, что вызвано условиями работы и функционирования машин. Достаточно сложно решать проблему симметрии машинно-тракторного агрегата (МТА). Отступление от симметрии не всегда дезорганизует форму. Трактор как элемент, входящий в систему МТА, не должен иметь завершенную форму. Появление асимметричного элемента в результате рациональной компоновки, при условии органической связи с остальным объемом, и достигнутое композиционное равновесие позволяют получить симметричную в целом композицию. Примером асимметрии, вызванной функциональной необходимостью, может служить трактор ДТ-175С Волгоградского тракторного завода. Кабина смещена вправо от оси трактора, что улучшает условия работы оператора при вождении машины на пахоте. Тракторы и агрегаты, составленные на их основе, выражают в композиционном строе закономерности симметрии и асимметрии. Мобильность МТА требует выражения динамизма в видах сбоку, который достигается асимметричным началом в композиции.

Под *асимметрией* в технической эстетике понимают такой порядок в форме, при котором строго соблюдается уравновешенность масс относительно главного элемента композиции. У трактора, как уже говорилось, такими элементами являются ходовая часть (двигатель) и система навески. Уравновешивание масс трактора должно осуществляться с учетом агрегатируемой



машины относительно продольной базы, определяемой положением движителей. Нарушение закономерности равновесия масс при асимметрии приводит к нарушению закономерностей тектоники и ритма.

Расположение плоскости и оси симметрии во многих предметах следует направлению силы тяжести. Вместе с тем вертикальное направление силы тяжести предопределяет различие весовых характеристик, выражающееся в асимметричном строении верхней и нижней части предмета.

Статика и динамика. Под *статикой* понимают подчеркнутое состояние покоя, незыблемости, устойчивости формы во всем ее строе. Под *динамикой* понимают подчеркнутое в форме выражение однонаправленности, вторжение в пространство. Для динамических композиций характерна явная асимметрия — некоторая напряженность и в геометрическом строе формы.

В статических объектах ось или плоскость симметрии является одновременно главной осью композиции. Внешняя форма движущихся транспортных средств (автомобилей, самолетов, судов и т.д.), как правило, асимметрична. При этом главная ось их композиции подчинена направлению движения.

Динамичность является важным качеством композиции применительно к колесному транспорту. Форму активно односторонне направленную, как бы вторгающуюся в пространство, принято называть *динамичной*. Если динамичность ярко выражена, она может стать главным качеством, определяющим композицию. Равенство размеров тела по трем пространственным координатам характеризует относительную *статичность* формы. Контраст в этих соотношениях создает при зрительном восприятии эффект динамичности в направлении преобладающей размерности, например длины.

Динамичная форма свойственна скоростным автотранспортным средствам, к числу которых следует отнести легковые автомобили, в первую очередь спортивно-гоночные, междугородные автобусы, магистральные автопоезда. Построение их динамичной формы в значительной мере определяется законами и требованиями аэродинамики.

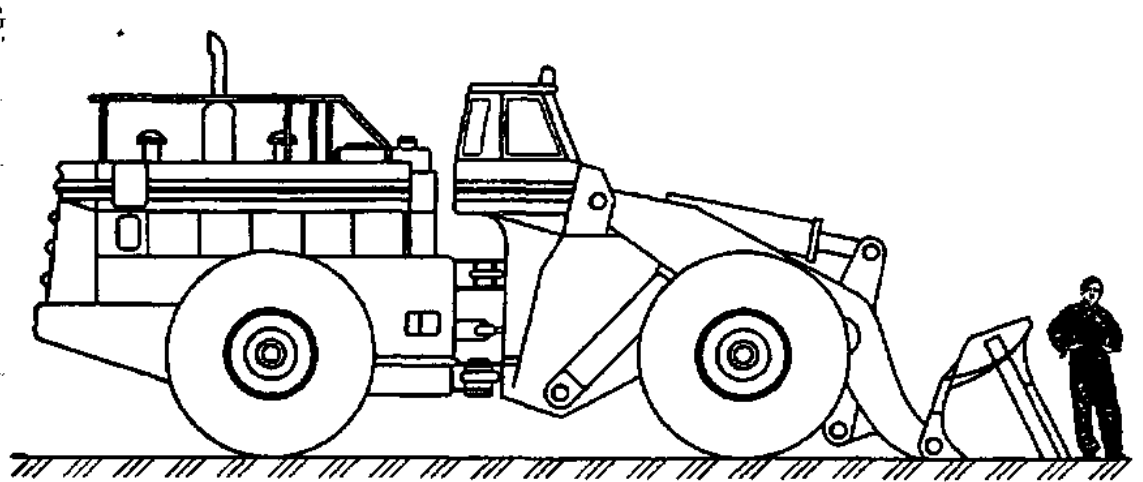
Тектоника. Под *тектоникой* понимают зримое выражение в форме конструктивной основы, несущей способности, устойчивости предмета и его отдельных частей.

Под конструктивной основой понимают работу несущей части конструкции, характер распределения главных усилий, соотношение масс, организацию конструкционных материалов и т.п. Форма должна четко отражать все эти особенности конструктивной основы.

На практике приходится часто встречаться с машинами, форма которых отражает эти особенности частично или ложно. Например, крупный элемент трактора выглядит напряженным в то время, как он не несет больших нагрузок. К числу таких примеров можно отнести ограждающие кожухи, которые часто необоснованно выглядят как элементы, работающие под нагрузкой. Закономерность тектоники не может использоваться дизайнером вне связи с материалом, используемым для изготовления элементов конструкции, и технологическими приемами изготовления.

Художественно-образная структура предмета, образованная из композиционно связанных элементов конструкции, представляет собой тектоническую систему. Законом тектонической системы является стилевое единство.

Масштабность. Под *масштабом* в технической эстетике понимают сопоставление характеристик предмета с каким-либо фиксированным размером тела человека. Масштабность следует отнести к числу факторов, гуманизирующих проектирование изделий, в том числе автомобиля и трактора. Масштабность есть отражение подхода к проектированию предмета, когда его размеры проверяются по человеку (рис. 4.3).



**Рис. 4.3. Сомасштабность человека и трактора**

Масштабными характеристиками в автомобиле и тракторе обладают элементы их конструкции и формы, имеющие непосредственное отношение к человеку. Они называются носителями масштаба. К их числу относятся кузов, кабины, сиденья, двери, окна, фары.

Масштабность в технике проявляется по-разному. Недопустимо чрезмерное дробление формы, так как это затрудняет группировку расчлененных элементов в целое из-за рассеивания внимания человека. При сосредоточении в поле зрения более семи фигур наступает предел, при котором ни одна из них не воспринимается как отдельная. Важно среди элементов конструкции автомобиля и трактора выделить главные, которые займут композиционное центральное место. В этом качестве могут выступать ходовая часть и навесная система трактора. Первая символизирует тягу, а вторая — грузоподъемность. При зрительном восприятии формы автомобиля и трактора, их композиции человек сталкивается с явлением ракурса.

*Ракурс* — это перспективное сокращение отдельных размеров предмета при обозрении его с различных сторон под острым углом зрения. Ракурс обеспечивает видение третьего измерения пространства, его глубину. Композиция, разработанная без учета возможного перспективного сокращения, может оказаться искаженной при рассмотрении предмета с какой-либо точки.

Прорисовки автомобиля и трактора в разных положениях, создание макетов позволяют избежать ошибок, а значит, непроизводительных расходов при их проектировании.

Таким образом, масштаб является важным средством композиции, организующим форму автомобиля и трактора. На стадии компоновки, позволяющей хотя бы в самом общем виде представить форму машины, инженер-конструктор приступает к ее проработке по человеку, ставя на всех ортогоналях общего вида фигуру человека.

Объемно-пространственная структура. Любая форма так или иначе взаимодействует с пространством — то просто и ясно, то очень сложно. Значит, как бы ни была построена форма, можно с полным правом говорить о двух основных компонентах структуры: объеме и пространстве. Важнейшей из закономерностей хорошо организованной объемно-пространственной структуры является органичность связей между отдельными элементами или частями структуры.

Условием целостности объемно-пространственной структуры является ее общая упорядоченность. Только упорядоченность, т. е. сознательно или подсознательно прочитываемый принцип ее построения, делает структуру гармоничной.

Если упорядоченность отсутствует и связи элементов случайны, восприятие структуры затрудняется: мы ищем, но не находим «разгадки» ее строения. При элементарной простоте объемно-пространственной структуры принцип ее организации прочитывается без труда. Явная хаотичность тоже дает мгновенную информацию о полном отсутствии какой-либо системы в организации структуры. Однако работающая конструкция почти никогда не бывает абсолютно хаотичной — это редкое явление в технике. Чаще можно столкнуться с неупорядоченностью, носящей скрытый характер, хотя и вызывающей вполне определенную негативную реакцию восприятия.

Автомобиль или трактор можно рассматривать как типичную объемно-пространственную структуру.

Опыт художественного конструирования показывает, что главным, организующим объемно-пространственную структуру началом должна явиться композиционная группировка ее элементов в некие общности. Конечно, речь идет не только о технических общностях, поскольку любая конструкция так или иначе состоит из них (отдельные узлы и агрегаты автомобиля и трактора), но именно о композиционно подчеркнутых сгущениях, отдельных группах в пределах конструкции в целом.

Еще одной важной закономерностью объемно-пространственной структуры является единство ее строя, необходимость считаться с его общим характером, поддерживать и развивать строй главных элементов структуры в строе ее малых, частных элементов. Несоблюдение этой закономерности приводит к появлению чужеродных частей структуры, которые «не желают уживаться» с остальными.

Тектоника и объемно-пространственная структура тесно связаны. Отношения материал—пространство несут в себе тектонические характеристики, а отношения объем—пространство дают представление об объемно-пространственной структуре. Конструкция должна «работать». Слабо загруженная, она теряет свое тектоническое звучание, а следовательно, и эстетическую выразительность.

Ритм. Под *ритмом* в технической эстетике понимают повторность тех или иных сходных составляющих формы и композиции через определенные соизмеримые промежутки. Метрический повтор (метр) в композиции — повторение какого-либо элемента. Метр представляет собой предельно упрощенный ритм.

Ритм и метр отражают количественное изменение в форме, которое относится к любым ее элементам: отдельным линиям, целым образованиям и цвету, являющемуся самостоятельным средством формообразования. Окружности и другие линии, являясь формальными чертами предмета, выступают в виде контуров отдельных элементов и всего предмета в целом и образуют ритмический и метрический строй. Ритмический и метрический строй

образуются и с помощью масс, цвета. Например, в основе композиции универсально-пропашных тракторов «Беларусь» прослеживается ритмическое течение зримых масс от сравнительно малых передних колес к большим задним и от малого объема дизеля к большому объему кабины. Метр может быть простым, если состоит из однородных элементов, и сложным — при включении разнородных. К тракторам сложный метр мало применим. Примером сложного метра может служить составленная из окон, дверей и проемов между ними конструкция кузова автобуса. Метр выглядит законченным, если его крайние промежутки больше остальных.

**Акцент.** В технической эстетике *акцент* — это выделение художественными средствами какого-либо элемента формы. Акцент увеличивает ее выразительность. Для акцентирования используют самые разные закономерности средств формообразования, а также цвет и его контрастные сочетания. Например, акцентирование аэродинамичности автомобиля ВАЗ-2110 достигнуто путем наклона его кузова вперед (отрицательного тангажа). Другой пример: использование нового контура фар с прямоугольными стеклами.

**Нюанс.** Под *нюансом* в технической эстетике понимают закономерность тонкой проработки формы, придающей ей особое свойство пластичности. Нюанс широко используется как средство формообразования для выражения тектоничности акцентирования элементов формы предмета, образования метра и ритма. Он имеет особое значение в формообразовании при зримом оптическом искажении формы, которое исправляется главным образом нюансировкой.

Например, большая длина капота грузового автомобиля может вызывать неприятное зримое утяжеление формы. Это можно исправить, введя ритмично повторяющиеся отверстия на боковых стенках капота. Подобные операции относятся к разряду нюансировки, или тонкой проработки формы.

**Цвет.** Цвет выражает и проявляет в форме многие закономерности, на основе которых создана композиция предмета. Различают чистые цвета

(хроматические) — это цвета оптического спектра, и составные (сложные) — белый, серый, черный, называемые ахроматическими.

Цвет характеризуется тоном, насыщенностью, светлотой. *Тон* представляет собой свойство, которым один цвет отличается от другого; *насыщенность* — свойство, указывающее на силу или интенсивность цвета; *светлота* — это степень насыщенности цвета относительно бело-черной шкалы.

Система гармонического сочетания цветов получила название *колорита*. Системы цветовых гармоний приведены на рис. 4.4.

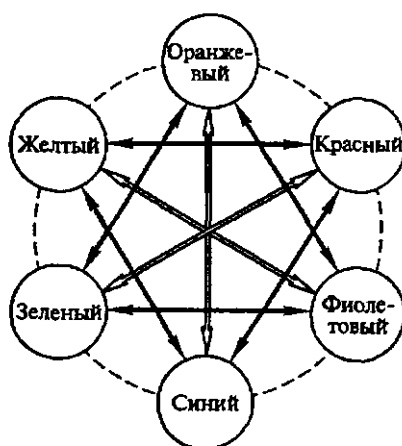


Рис. 4.4. Система цветовых гармоний:  
штриховая линия — нюансная; белая линия — контрастная; черная — гармоничная триада

Различают цвета теплые (светло-желтый, светло-оранжевый, розовый), холодные (светло-голубой, светло-зеленый), легкие (цвета светлых тонов), выступающие — усиливающие друг друга (красный в сочетании с зеленым, красный с синим) и т.п.

В замкнутом объеме кузова и кабины автомобиля (трактора), окрашенном в голубой цвет, оператору холоднее, чем в кабине с оранжевым цветом панелей. Черный и коричневый цвета повышают давление на дно яблока глаза водителя (оператора). Цвет, функция и форма автомобиля и трактора должны быть органически увязаны между собой. Цвет необходимо рассматривать с учетом

условий работы и конкретной формы. Регламентация окраски должна

производиться с учетом конкретной формы автомобиля и трактора. Отечественные стандарты регламентируют окраску тракторов: капот двигателя не должен сливаться по цвету с фоном поля; окраска кожухов и ограждений вращающихся частей машины должна производиться в цвет, отличный от основного.

Чем крупнее машина, тем светлее должна быть ее окраска, и наоборот. Кроме того, требуется нюансная проработка формы для исправления оптических иллюзий. Предметам с четкими членениями, острыми углами и ребрами более подходят мягкие малонасыщенные и светлые цвета, а с круглыми формами — более насыщенные средней светлости.

При окраске в два цвета необходимо учитывать пропорциональный строй предмета, тектоничность, свойство статичности и динамичности. Недопустимо расчленять подвижный предмет цветом поперек направления его перемещения. Остов трактора целесообразно окрашивать в более темный цвет, что зрительно подчеркивает его устойчивость.

Окраска в разные цвета должна соответствовать членению формы. Приглушенные цвета лучше воспринимаются при матовой фактуре поверхности, а насыщенные яркие — при глянцевой. Это вызывается степенью отражения и рассеивания света поверхностью. Отраженный свет не участвует в образовании формы и не является средством выражения закономерностей формообразования, но, отражаясь от поверхностей формы, выявляет структуру композиции, ее пластичность. Обладая этим качеством, отраженный свет накладывает определенные требования на формообразование. Установлено, что излишняя рельефность или ее отсутствие одинаково неприемлемы, так как они приводят к наложению теней друг на друга, разрушают композицию, ухудшают пластичность формы.

Контраст. *Контраст* — противопоставление, борьба разных начал в композиции — одно из главных средств композиции в технике. Сущность композиции, построенной на контрасте, в активности его визуального воздействия. Умело примененный контраст придает предмету нарядность, яр-



кость, делая его заметным; перенасыщенная контрастными отношениями форма становится излишне пестрой, разрушается красота даже удачно разработанной структуры.

Контраст активизирует любую форму, но достичь гармонии можно, подчинив контраст композиции, сопроводив необходимыми нюансными отношениями, снижающими его резкость. Все это можно характеризовать как меру контраста. Степень контраста зависит не только от цветового отношения (абсолютная белизна и абсолютная чернота), но и от величины деталей — малое противопоставляется большому.

Приемы использования контраста в технике условно разделяют на две группы. К первой относятся те, которые обусловлены самой конструкцией, компоновкой изделия. Ко второй группе относятся приемы, зависящие от дизайнера, т.е. являющиеся субъективными. Примером проявления характера художника-конструктора в использовании приемов контраста второй группы могут быть контрасты в отделочных материалах, обработке поверхности, окраске декоративных элементов и т.п.

Использование контраста в качестве средства формообразования требует применения так называемых мостиков, связывающих противопоставляющие начала. К их числу можно отнести элементы с характерными признаками одного начала, расположенные на фоне другого или частично проникающие в него. Мостики позволяют смягчить контраст, повысить целостность композиции. Для тракторов признаки контраста проявляются при их соединении в агрегат с машиной. Здесь можно наблюдать контраст цветовой окраски трактора и машины, их габаритов и массы.

Конструкция, форма и композиция. Под *конструкцией* понимают структуру изделия, ее состав, взаимное расположение и связь элементов. Определение понятия «конструкция» сходно с определением понятия «композиция». Рассмотрим различия между ними. Элементами композиции являются как отдельные детали, так и сборочные единицы, агрегаты автомобиля и

трактора (передний мост, сцепление, коробка передач, задний мост, двигатель, кузов, кабина).

По форме, внешнему виду различают открытые, закрытые и комбинированные конструкции. К открытым относятся конструкции велосипеда, мотоцикла; к закрытым — легкового автомобиля, автобуса; к комбинированным — трактора, грузового автомобиля, автопоезда.

Под *формой* понимают внешнее очертание, наружный вид автомобиля или трактора. В отличие от элементов конструкции, элементами формы являются линии, точки, плоские и криволинейные поверхности, а также их сочетание в различных комбинациях. Основные свойства формы — пространственность, протяженность, конечность, прерывность, бесконечность, глубина и т. п. Среди форм различают природные (форма листа, дерева) и созданные человеком (все изделия). Они делятся на расчетные (формы винта судна, крыла самолета) и относительно производственные, порожденные фантазией дизайнера с учетом функциональности изделия. Расчетные и относительно производственные формы, в свою очередь, разделяют на постоянные и переменные. Примером переменных могут служить формы погрузчиков, бульдозеров и др.

Любая форма промышленного изделия определяется его функцией и является результатом конструктивного решения. Но она не может оставаться сугубо утилитарной. Форма должна обладать наряду с утилитарной и духовной ценностью, а это требует ее образования в соответствии с законами композиции. Форма представляет собой структуру взаимосвязанных в пространстве элементов. Она взаимодействует с самим пространством. Объемно-пространственная структура — это уже категория композиции.

Под *композицией* понимают строение, соотношение частей и целой объемно-пространственной структуры объекта. Композиция является фактором, связывающим конструкцию (компоновку) с эстетической формой, т.е. посредством ее закономерностей. Конструкции изделия можно придать эсте-

тическую форму. К важнейшим свойствам композиции относятся целостность, выразительность, статичность, динамичность и т.п.

Различают объемные, плоские и линейные композиции. Если форма в пространстве имеет приблизительно одинаковые размеры, направления координатных осей, то композиция относится к объемной.

Значительное отличие размеров в направлении одной из координатных осей по отношению к двум другим приводит к плоской и линейной композиции. Если один из относительных размеров мал, то композиция плоская. Плоскую композицию часто называют фронтальной. Объемная композиция может рассматриваться условно состоящей из фронтальных. Так, в автомобиле и тракторе их виды спереди, сзади, сбоку представляют собой набор взаимосвязанных фронтальных композиций.

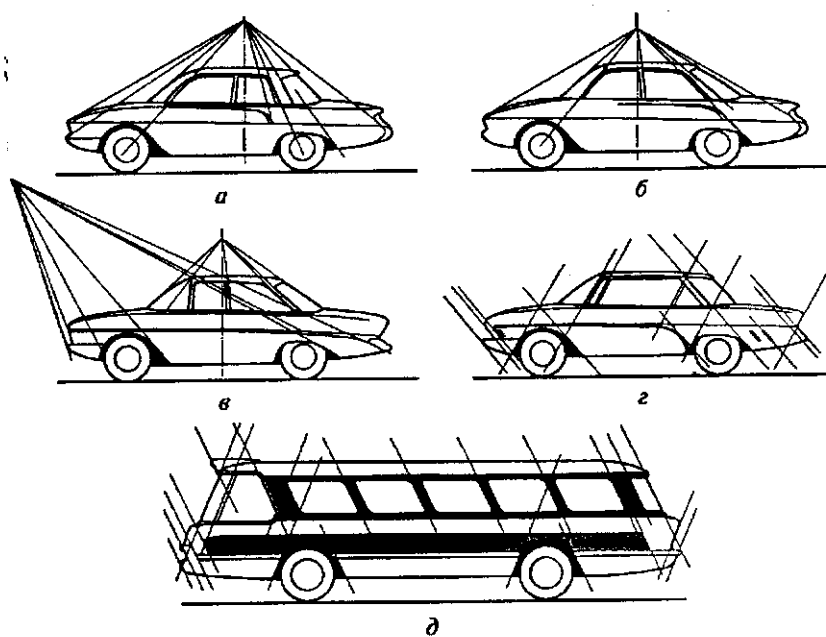


Рис. 4.5. Различные схемы композиции автомобиля с использованием основных формообразующих линий:  
*а, б* — сходящихся в одной точке; *в* — выходящих из двух точек; *г, д* — параллельных под двумя углами

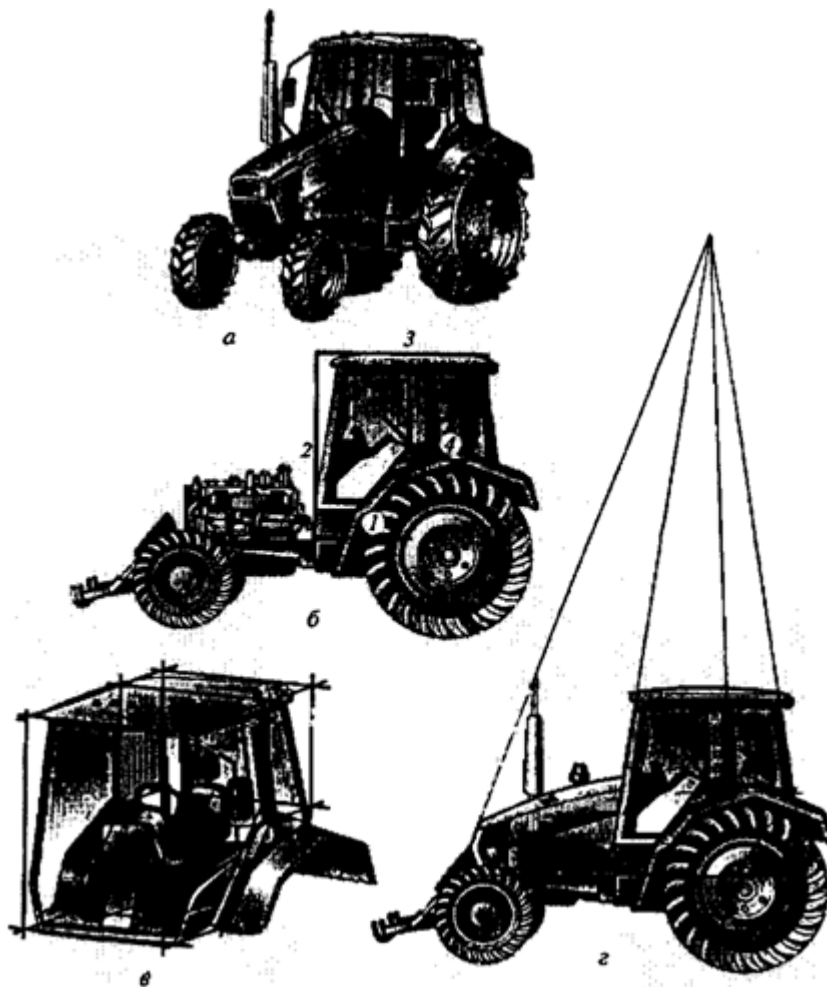


Рис. 4.6. Схемы композиционного поискового построения формы трактора:

*а* — форма трактора; *б* — место расположения кабины на остова трактора; *в* — безопасный каркас кабины; *г* — упорядочение элементов формы на основе сходящихся в одной точке основных линий абриса формы; *д* — лонжерон рамы; *2,3* — габариты кабины по высоте и длине; *4* — подоконная линия

Виды спереди и сзади построены в основном по закону симметрии, а вид сбоку — по закону асимметрии. В основе композиции лежат замысел, идея, мотив, приводящие к упорядочению и соподчиненности элементов формы. В развитии форм автомобилей и тракторов прослеживается тенденция улучшения условий работы водителя (оператора). Объем кабин увеличивается за счет образования защитных зон, создания реверсивных постов управления.

В художественно-конструкторском решении прослеживается эргономический подход, особенно в композиционной организации интерьера, рабочего места водителя (оператора). Органы управления монтируются в отдельные пульта и размещаются таким образом, что расширяется свободное пространство для прохода от двери к сидению. Для улучшения обзорности увеличивают площадь остекления главным образом передней и задней панели кабины, применяют зеркала заднего вида. На рис. 4.5 и 4.6 показаны схемы композиционного построения формы автомобиля и трактора.

Требования технической эстетики. Разрабатываемое техническое изделие в соответствии с положениями технической эстетики должно отвечать целому ряду требований.

Эстетические требования. Эстетические требования представляют собой потребность человека в выражении потребиельских свойств изделия или комплекса через чувственно воспринимаемые признаки формы. Эстетичность — обобщенное требование к изделию. В его структуру входят групповые и единичные эстетические требования, которые конкретизируются относительно изделий определенного типа или назначения. Применительно к автомобилям и тракторам, разрабатываемым в настоящее время, групповыми требованиями являются: информативность формы, композиционное совершенство и гармоничность.

*Информативность формы* обеспечивается наличием в ней признаков, которые позволяют потребителю без труда опознать в изделии его назначение, тип, марку, возможные варианты и порядок функционирования, завод-изготовитель. Все это вместе взятое есть опознаваемость изделия.

*Опознаваемость изделия* достигается путем выделения художественными средствами главных элементов в общем композиционном строе формы, а также за счет наличия знаковых элементов-эмблем, символов общепринятых кодов, надписей.

*Композиционное совершенство формы*, во-первых, требует наличия в ней главного мотива — идеи, которая ложится в основу всего композицион-

ного строя. Отсутствие композиционной идеи в форме автомобиля и трактора разрушает его целостность.

Второе требование композиционного совершенства — соответствие композиционной основы функционально-конструктивной характеристике машины, т.е. согласованность ее конструктивного решения с эстетической характеристикой объемно-пространственной структуры.

Примером реализации этого требования может служить решение капота универсально-пропашного трактора МТЗ-142. Для обеспечения обзорности управляемых колес трактора капот в зоне примыкания к кабине имеет ширину 580 мм (в зоне радиатора 650 мм). Для улучшения обзора передней навесной системы капот двигателя выполнен наклонным.

Третье требование композиционного совершенства — способность гармонично входить в комплекс машин — предопределяет разработку набора, составляющего предметную часть производственной среды. К комплексам сельскохозяйственных машин, например, относятся технические средства, обеспечивающие возделывание сельскохозяйственных культур или выполнение других работ, например дорожно-строительных. Выполнение третьего требования для сельскохозяйственных тракторов — задача сложная, так как требуется гармонизация не только с агрегируемыми, но и самоходными машинами и тракторами различных тяговых классов и назначения.

Здесь необходимо иметь в виду определенную часть комплекса, гармонизация которого требуется. Отличительным признаком его может служить одновременность нахождения на местности. Например, при возделывании зерновых культур их уборка производится самоходными комбайнами, а подготовка почвы, посев, уход и транспортирование — с помощью машино-тракторного агрегата. Целесообразно исключить выполнение требования по способности гармонично входить в комплекс МТА и комбайнов. В то же время для комплекса машин, выполняющих землеройные работы, гармонизация может быть осуществлена в отношении всех технических средств. Это характерно для группы промышленных тракторов.

Четвертое требование — увязка элементов графики и цветового решения — продиктовано тем, что элементы графики, носители информации должны быть хорошо заметны. Их выделение на общем фоне вносит в форму некоторое контрастное начало, придает ей большую выразительность, делает ее эстетически совершеннее. Это относится к надписям на автомобилях, тракторах и агрегируемых с ними машинах. Обеспечение при разработке композиции законченности формы относится к изделиям, имеющим относительную функциональную самостоятельность, в первую очередь — к автомобилям.

Соблюдение приведенных выше единичных требований служит предпосылкой для образования стиля, понятие которого выходит за рамки группового требования композиционного совершенства. Это относится и к требованию обеспечения информативности формы

Под *стилем* понимают характерный вид, наличие единых признаков в формах комплекса и предметов, а также в разных формах деятельности человека. Носителями стиля являются линии, называемые формальными чертами, которые образуют контур формы, силуэт предмета и его частей. Различают стили отдельных предметов и целых комплексов. Эти стили относятся только к их форме. Из истории архитектуры известны такие стили, как романский, готический, барокко. Особое место занимает национальный стиль, связанный с традициями, образом жизни отдельных наций и национальностей.

Задача художника-конструктора — найти оптимальное стилевое решение разрабатываемого автомобиля и трактора. Он разрабатывает форму в стиле, присущем ему, но при этом обеспечивая связь с окружающей средой, временем и стилем эпохи. Так, стилевому решению семейства автомобилей и типоразмерного ряда тракторов свойственно единство образа. Соответствие формы и элементов выбранному материалу, физические свойства пластичности материала накладывают ограничения на формальные черты.

Под пластичностью формы понимают согласованное проявление в ней объемно-пространственной структуры, пластичности материала и законо-

мерностей формообразования, тектоники, ритма, метра, нюанса. Объемно-пространственная структура и названные закономерности формообразования придают форме автомобилей и тракторов образность, скульптурность, рельефность, делают композицию выразительной.

Утилитарно-функциональные требования. Назначение, утилитарность и тип потребления технического изделия оказывают непосредственное влияние как на его форму в целом, так и на форму отдельных составляющих. К утилитарно-функциональным требованиям к изделию относятся способность эффективно выполнять главную (основную) функцию и возможность выполнять дополнительные функции (универсальность). Рассмотрим это на примере пропашного трактора, главной функцией которого является возделывание сельскохозяйственных культур в междурядьях. Ширина междурядий определяет размер колеи трактора в довольно широких пределах, что обусловило введение ее регулирования. Учитывая непродолжительный период выполнения пропашных работ, трактору была обеспечена возможность выполнять и ряд других технологических операций: транспортирование, посев, подготовка почвы. В результате машина стала универсально-пропашной. Различия в условиях эксплуатации, рабочих и транспортных скоростях, размерах шин и т.п. наложили отпечаток на конструкцию и форму трактора. Создание возможностей для выполнения функций оператором зависит прежде всего от условий труда, его тяжести. В значительной степени это определяется организацией рабочего места оператора, комфортностью кабины, усилием на органах управления и возможностью составления агрегата без привлечения дополнительных рабочих и специальных вспомогательных средств.

Технологические и общетехнические требования. Технологические требования должны учитываться дизайнером при проектировании изделия. Приступая к разработке художественного проекта нового автомобиля (трактора) или модернизации уже выпускающегося, художник-конструктор обязан знать существующую технологию, возможности предприятия. Эти знания не должны быть тормозом разработки нового проекта, так как при художест-



венном конструировании не только создаются более совершенные формы, но и требуется модернизация производства, создание новой технологии, использование прогрессивных материалов.

Художественный и технологический приемы не должны входить в противоречие, порождать конфликт. Качество изготовления автомобиля (трактора) зависит от тщательности разработки проекта. Выполнение сложных поверхностей формы, их сопряжение и места разъема, задуманные художником, не всегда удается передать с помощью чертежа. Решение этой задачи достигается использованием метода геометрических ключей.

Социально-экономические требования. Взаимоотношения потребителя с отдельными изделиями промышленности и искусственно-предметной средой в целом выражают социально-экономические требования. Они исходят из общественной потребности и возможности общества.

К социально-экономическим требованиям относятся: соответствие изделия общественно необходимым потребностям, оптимальному ассортименту и классу, соответствие формы и самого изделия моде, требованиям унификации и стандартизации, экономичность изделия и его эксплуатации. Завершающим требованием является соответствие формы изделия высшим достижениям отечественной и зарубежной промышленности.

Экономический уровень развития общества зависит от качества и количества техники, которая, в свою очередь, отражает состояние экономики. По мере развития общества утилитарная форма автомобилей и тракторов получила эстетические свойства. Состояние типажа автомобилей и тракторов в значительной степени обусловило требования их унификации, универсализации и типизации. Излишнее того, что машины, созданные как оригинальные конструкции, в общем эксплуатируются меньше и быстрее признаются непригодными к эксплуатации, поскольку целесообразность их существования не находит ни опытного подтверждения, ни признания.

Соответствие моде содержит ряд проблем, связанных с отношением между модой и моральным старением формы, формой и моральным старени-

ем конструкции. Под модой понимают социально-психологические явления образования типов поведения и идеалов образцов предметов, их формы, господствующие в определенной общественной среде в определенное время. Природа возникновения морального старения автомобиля и трактора зависит не только от научно-технического прогресса, но и от живучести формы, соотношения сроков морального «сгорания» конструкции, модели и ее формы.

Продолжительность жизни формы должна быть более высокой, чем конструкции. На практике это имеет место как в отечественном, так и в зарубежном автотракторостроении. Долговечность существования той или иной моды на форму автомобиля и трактора обеспечивается уровнем проработки стиля. Стиль формы согласуется с реализацией требования унификации и стандартизации.

Этапы дизайнерского проектирования. Процесс дизайнерского проектирования включает следующие основные этапы:

- художественно-конструкторский анализ;
- художественно-конструкторский синтез;
- художественно-конструкторский проект.

Художественно-конструкторский анализ. Художественное конструирование выполняется в рамках общего процесса создания автомобиля и трактора и является его составной частью.

Этапы создания художественного проекта автомобиля и трактора соответствуют основным этапам создания автомобиля и трактора. Высокое качество нового автомобиля и трактора не может быть обеспечено без участия дизайнера.

Работа художника-конструктора над проектом начинается с разработки технического задания — исходного документа для разработки продукции и технической документации на нее.

*Техническое задание* содержит общие сведения о разработке продукции, требования, предъявляемые к ней, и требования к самому процессу ее разработки. Разработке технического задания предшествует большая анали-

техническая работа по авто- и тракторостроению в целом и автомобилям и тракторам данного типа в частности.

Полученная информация дополняется художественно-конструкторским анализом, который включает специфические требования, относящиеся к технической эстетике. В их число входит составление морфологических и аксиологических полей; разработка оценочных показателей и оценка технико-эстетического уровня аналогов, их патентной чистоты и соответствия действующим стандартам; выбор базового показателя (образца) качества для сравнительной оценки уровня разрабатываемого автомобиля и трактора на стадии его проектирования

Необходимо подчеркнуть единство подхода к оценке технико-экономических показателей нового автомобиля и трактора и оценки его технико-эстетических показателей. Оценка этих показателей отражается при составлении карты технического уровня и качества продукции на различных этапах разработки автомобиля (трактора), начиная с разработки технического задания. Что касается оценки технико-эстетических показателей, то в соответствии с ГОСТом на разработку и постановку продукции на производство предусмотрен подраздел технического задания «Эстетические и эргономические требования». В этом подразделе указывают требования технической эстетики (соответствие стилю, современной моде, отделке и т.п.), а также эргономические требования (удобство пользования, комфортабельность, целесообразность компоновки, усилия, требуемые для управления и обслуживания и т.п.).

Порядок составления и ведения карты технического уровня и качества продукции регламентирует выбор аналога и базового образца.

*Аналог* — продукция отечественного или зарубежного производства, подобная сравниваемому изделию, обладающая сходством функционального назначения и условий применения.

*Базовый образец* — образец продукции, принятый для сравнения при оценке технического уровня и качества, характеризующий передовые на-

учно-технические достижения на установленный период. Таким образом, дизайнер стоит у истоков разработки машины, начиная со сбора и изучения исходной информации об объекте, систематизации собранного материала, разбивки его на отдельные поля — морфологическое и аксиологическое. Первое предусматривает сведения и данные о материально-пространственной организации аналогов и их элементов, способах функционирования, их ценностных качествах. В морфологическое поле входят модели, макеты, рисунки, фотографии аналогов. Полученные материалы используют для отработки формы исходя из требований технической эстетики. Выбор в качестве аналога зарубежного образца требует его глубокого анализа с точки зрения соответствия отечественным стандартам. В то же время дизайнеру необходимы знания о международных стандартах и стандартах стран предполагаемой поставки продукции и учет их при выполнении художественного проекта автомобиля (трактора).

Обеспечение конкурентоспособности нового изделия — задача комплексная, и ее решение требует усилий всех специалистов, в том числе патентоведов. Патентный формуляр — технический документ, определяющий состояние объекта техники по критериям охраны промышленной собственности; он составляется на объекты техники, которые подлежат реализации за рубежом или экспонированию на международных выставках, в том числе в России. Патентный формуляр содержит информацию о патентоспособности и патентной чистоте разрабатываемого объекта техники. Правила оформления патентного формуляра регламентированы стандартом.

Художественно-конструкторский синтез. После выполнения художественно-конструкторского анализа намеченных морфологической и аксиологической схем нового автомобиля или трактора, выраженных в конкретных требованиях к создаваемому объекту, разрабатывается идеал, замысел конструкторского и композиционного решений. Из возможных вариантов решений изделия выбирают рациональный с точки зрения реализации в новом изделии потребительских свойств и оформляют техническое предложение.

*Техническое предложение* — вид проектной конструкторской документации, содержащей технико-экономическое обоснование целесообразности разработки изделия и уточняющей требования к изделию, полученные на основании анализа технического задания и проработки вариантов возможных технических решений изделия.

Оформление и утверждение технического предложения служит основанием для создания эскизного проекта, в котором разрабатывается предварительная проектно-конструкторская документация на изделие, содержащая принципиальные конструктивные решения, дающая общее представление о конструкции и принципе работы изделия, а также приводятся параметры, определяющие его соответствие назначению. На этом этапе выполняют композиционные эскизы и рисунки формы проектируемой машины в уменьшенном масштабе (М 1:5); изготавливают масштабные модели (М1:5; 1:2) для аэродинамических испытаний, выполняют натурный чертеж, а затем и натурный макет (М1: 1) машины; разрабатывают эскиз и посадочный макет с рабочим местом водителя и пассажиров, выполняют плазовый чертеж поверхности кузова и мастер-модели их формы.

Широкое применение вычислительной техники в проектировании машин вносит существенные коррективы в этот процесс, позволяет на экране дисплея выявить множество вариантов форм и композиций, снижает затраты времени и средств на выполнение работ, не исключает, а наоборот, повышает требования к квалификации всех специалистов. Обычно этот этап проектирования заканчивается пояснительной запиской (аннотацией), в которой кратко формулируется принятое художественно-конструкторское решение, технологические особенности и технико-экономические показатели изделия.

Художественно-конструкторский проект. Художественно-конструкторский проект является углубленной проработкой проектируемого автомобиля (трактора), выполняемой дизайнером и ведущим конструктором проекта с учетом выявленных на предыдущем этапе замечаний и предложений по дальнейшему совершенствованию и повышению технического уровня

разрабатываемого изделия. Ведется рабочее проектирование кузова (кабины), окончательная сверка и отработка рабочих чертежей, по которым изготавливаются в металле первые образцы будущего объекта производства.

В ходе изготовления первых образцов кабин и кузовов осуществляется авторский надзор со стороны разрабатывавших их дизайнеров, а также составляются технологические карты на изготовление изделия и используемые при этом материалы.

## 4.2. Методы разработки форм кузовов и кабин

На выбор внешней формы автомобиля или трактора влияет множество факторов:

- назначение и тип машины;
- основные эксплуатационные свойства машины, которые непременно находят отражение в ее облике (скорость, грузоподъемность, маневренность, проходимость и др.);
- запросы и пожелания заказчика разработки;
- требуемая аэродинамика машины;
- тенденции развития машин данного типа;
- круг возможных пользователей или покупателей;
- цена изделия;
- основные материалы, которые будут использованы для изготовления кузова или кабины, их технологические особенности;
- требования моды;
- климатические особенности предполагаемых регионов эксплуатации;
- различные стандарты, нормы и правила, в частности, определяющие активную и пассивную безопасность машины;
- вкусы и профессиональная подготовленность дизайнера и др.

Разработка общего образа машины. Основой для разработки внешних форм автомобиля или трактора является *эскизная компоновка*. В ходе эскизной

компоновки предварительно определяются размеры и взаимное расположение основных частей машины и ее агрегатов, геометрические параметры салона или кабины, положение водителя и пассажиров, расположение сидений и органов управления, расположение багажа или груза, если автомобиль грузовой. Часто разрабатывают несколько вариантов компоновочных схем, из которых выбирается одна.

Эскизная компоновка является составной частью технического задания.

Эскизный компоновочный чертеж представляет собой изображение автомобиля или трактора в трех проекциях. Для автомобилей за начальные координатные плоскости на чертеже принимают:

- вертикальную продольную плоскость симметрии;
- вертикальную поперечную плоскость, проходящую через геометрическую ось передних колес;
- горизонтальную произвольно выбранную плоскость, часто проходящую по верхним или нижним поверхностям лонжеронов рамы грузового автомобиля или пола несущего кузова.

Чертеж выполняется в масштабе (чаще всего 1:5) и снабжается координатной сеткой, частота делений которой обычно принимается равной 200 мм.

В эскизной компоновке указываются основные размеры разрабатываемой машины: габаритная длина, ширина и высота, колесная база (расстояние между осями передних и задних колес), если разрабатывается колесное транспортное средство, колея (расстояние между средними плоскостями правого и левого колес или гусениц), дорожный просвет, передний и задний свесы. Недостающие размеры определяются с помощью координатной сетки. На компоновочном чертеже предварительно наносятся очертания крыши, капота, переднего и заднего стекол, поперечных контуров кузова или кабины.

Основой для разработки дизайнерским подразделением внешних форм машины является выкопировка из эскизной компоновки, дополненная текстовой пояснительной запиской, в которой указываются возможные модифи-

кации кузова или кабины, расположение световых и сигнальных устройств, возможные варианты окраски и т. п.

Работа над внешним обликом машины обычно начинается с графических эскизов, выполняемых вручную или с помощью компьютера. Компьютерные программы позволяют легко менять цвет кузова, поворачивать его на экране монитора и рассматривать в разных ракурсах, менять освещение, делать поверхность блестящей или матовой. Компьютер позволяет помещать будущий автомобиль или трактор в разное окружение (городской или сельский пейзаж, на различные типы дорог и т. п.) и оценивать его зрительное взаимодействие с фигурами людей. Последнее особенно важно, потому что, например, легковые автомобили разных классов должны иметь различные пропорции кузова, и оценить это можно, только если рядом с автомобилем находятся люди. Можно показать также объект разработки в движении, создавая видеоклипы. Для уменьшения трудоемкости анимационная графика обычно выполняется упрощенной, без излишней детализации.

Демонстрация машины в движении позволяет разработчику более обоснованно определить общую концепцию внешнего вида машины и предложить ее заказчику, что на стадии эскизного проектирования особенно важно для принятия направления дальнейшей работы.

Макеты. Несмотря на широкие возможности компьютерной графики, разработать объемно-пространственное решение кузова или кабины удастся только с помощью макетов.

Макеты, создаваемые в процессе проектирования автомобиля или трактора, бывают нескольких видов, создаются они последовательно или с некоторым «перекрытием» по времени.

Прежде всего разрабатывается масштабный макет. Часто создаются одновременно несколько макетов на конкурсной основе, несколькими дизайнерами или небольшими группами дизайнеров независимо друг от друга. Такая организация работы позволяет проявить творческую инициативу разных специалистов, заставить их работать с полной отдачей.



Макеты выполняются обычно в масштабе 1:5. Более мелкий масштаб 1:10 не позволяет достаточно качественно проработать детали и применяется только в том случае, если объект разработки имеет очень большие размеры.

Основной материал при создании масштабного макета — пластилин. Макетный пластилин представляет собой плотную массу, обычно какого-либо нейтрального цвета, например серо-зеленого. Макет помещается на жесткой прочной плите, чаще всего деревянной, которая располагается на такой высоте над полом, чтобы объект разработки можно было видеть в том ракурсе по высоте, как это было бы при наблюдении реальной машины. Работать на высоте обычного стола нельзя.

Плита снабжается масштабной сеткой, прочерченной на ее поверхности. Работа над масштабным макетом автомобиля поясняется рис. 4.7.

Чтобы обеспечить необходимую прочность макета, вначале из деревянных реек, фанеры, жесткого пенопласта делается каркас («болванка») по размерам, немного меньшим, чем необходимые размеры макета. Каркас закрепляется на рабочей плите в соответствии с координатной сеткой, к нему крепятся колеса, выточенные из дерева или жесткого пенопласта и окрашенные. На «болванку» наносится достаточно толстый слой разогретого пластилина.

Собственно процесс макетирования заключается в соскабливании, срезании пластилина с тех мест, где он не нужен, и нанесении его в те места, где это требуется. Используемый инструмент показан на рис. 4.7. Это скребки разных видов и форм. Обычно их изготавливает сам дизайнер. Часто лезвие скребка делается с мелкими насечками, тогда при «протягивании» его вдоль обрабатываемой пластилиновой поверхности можно проследить развитие этой поверхности от одного сечения до другого, что помогает в процессе работы видеть логичность или, напротив, нелогичность того или иного элемента поверхности. Естественно, что на готовом макете получившиеся мелкие бороздки заглаживаются. Мерительный инструмент используют такой же, как

и при изготовлении литейных моделей. На поверхность макета часто наносится координатная сетка.

В качестве стекол применяют тонкое органическое стекло или целлюлоид, которые окрашивают изнутри в темно-серый цвет. Такие детали, как дверные ручки, хромированные детали облицовки радиатора и т.п., окрашивают «серебрянкой» или обтягивают эластичной самоклеящейся пленкой, поверхность которой имитирует хромированную сталь. Фары, задние фонари и другие световые приборы выдавливают из разогретого органического стекла и при необходимости изнутри окрашивают.

Очень важна отделка поверхности макета. Если макет готовится для демонстрации (заказчику или другим лицам, в том числе и для рекламных целей), то он обтягивается самоклеящейся пленкой, имитирующей окрашенный металл, или окрашивается. Чтобы избежать нежелательного взаимодействия краски и пластилина, макет вначале покрывают вододисперсионной краской, а уже затем наносят слой декоративной краски. Если же макет готовится для оценки профессионалами, то пластилин, тщательно выглаженный рукой, натирают графитом. Получившаяся не слишком блестящая поверхность позволяет выявить все особенности формы макета и проследить распределение на ней световых бликов. Окрашенная же блестящей краской поверхность, хотя и делает макет «красивым» (что в ряде случаев важно), мешает детально оценить его архитектурные формы из-за того, что обычное освещение макетной мастерской электрическими лампами создает на блестящей поверхности беспорядочные яркие световые блики.

Помещение, в котором проводятся макетные работы, должно быть достаточно большим, чтобы можно было рассматривать макет со всех сторон с расстояния не менее 5 м. Для работы в меньшем помещении масштабный макет лучше выполнять на плите, которая установлена на жестком штативе и может поворачиваться. Такая конструкция видна на заднем плане рис. 4.8.

Масштабный макет позволяет решить несколько задач. Прежде всего проверяется общая концепция внешнего облика машины и при необходимо-

сти намечаются пути ее развития. Макет позволяет корректировать компоновочный чертеж машины, для этого с него делаются шаблоны из тонкой фанеры, алюминия или жесткого тонкого пластика в тех сечениях, которые задаются координатной сеткой. Затем очертания этих шаблонов переносят на компоновочный чертеж. В процессе работы над масштабным макетом шаблоны используют для того, чтобы обеспечить симметричность кузова или кабины (разумеется если они задуманы как симметричные). Полученный комплект шаблонов в дальнейшем будет использован при изготовлении макета в натуральную величину. Масштабный макет служит также для изготовления пластмассовой модели (копии) для последующей продувки ее в аэродинамической трубе. Для этого вначале делают «отпечатки» частей макета из стеклопластика, а из них собирают пресс-форму для изготовления модели. На поверхности макета намечают линии необходимых разрезов: очертания дверей, капота, крышки багажника, а также технологические разрезы отдельных штампованных деталей (последняя работа выполняется предварительно, окончательно это удастся сделать только на полномасштабном макете), намечают и предварительно оформляют отверстия, решетки для охлаждения агрегатов и вентиляции.

После обсуждения представленных на конкурс масштабных макетов принимается решение в пользу одного из них, но чаще всего это решение дополняется замечаниями о том, что, скажем, заднюю часть кузова следует использовать от другого макета, а облицовку радиатора — от третьего.

Масштабные макеты, тем более в сочетании с компьютерной графикой, дают большой объем информации о будущем автомобиле или тракторе, но для окончательного решения относительно формы объекта необходимо видеть его в натуральную величину. Для этого строится макет внешних форм в масштабе 1:1.

Макет в натуральную величину строится на чугунной плите, которая устанавливается вровень с полом. На плите имеется масштабная сетка. В крупных дизайнерских центрах макет монтируется на поворотном круге.

Каркас делается из дерева, иногда с использованием металлических сварных конструкций, потому что масса макета составляет несколько тонн. Каркас устанавливается на прочных опорах по масштабной сетке. Колеса, как правило, не используются в качестве опор, они чаще всего просто прислоняются к каркасу, правда, с соблюдением компоновочных размеров. Применяются реальные колеса с реальными шинами. Если предполагается использование декоративного колесного колпака, то он является предметом макетирования и изготавливается из пластилина. Поскольку натуральный макет трудоемок и дорог, его правую и левую части часто делают разными, а чтобы получить представление об объекте в целом, по средней продольной плоскости устанавливают двустороннее зеркало, как это показано на рис. 4.8, тогда при взгляде с любой стороны макет представляется целым.

Готовый макет большого легкового автомобиля в масштабе 1:1 показан на рис. 4.9.

Основой для создания поверхности макета в масштабе 1:1 служат шаблоны, снятые с масштабного макета с соответствующим пересчетом размеров.

макетирования в принципе такая же, как и для масштабных макетов, но на практике выработан ряд специфических приемов. Например, чтобы получить гнутое переднее или заднее стекло автомобиля, использовать тонкую пластиковую пленку не удастся, так как поверхность при установке пленки на пластилин получается неровной, с мелкими световыми бликами. Поэтому приходится делать деревянный «болван», накрывать его байковым одеялом, а сверху укладывать разогретое до размягчения органическое стекло толщиной около 6 мм. Под действием собственного веса пластик облегает болван и принимает его форму, а одеяло не позволяет грубой поверхности дерева отпечататься на пластике. Перед установкой на макет внутреннюю поверхность «стекла» окрашивают в темно-серый цвет.

Рис. 4.9. Макет внешних форм легкового автомобиля

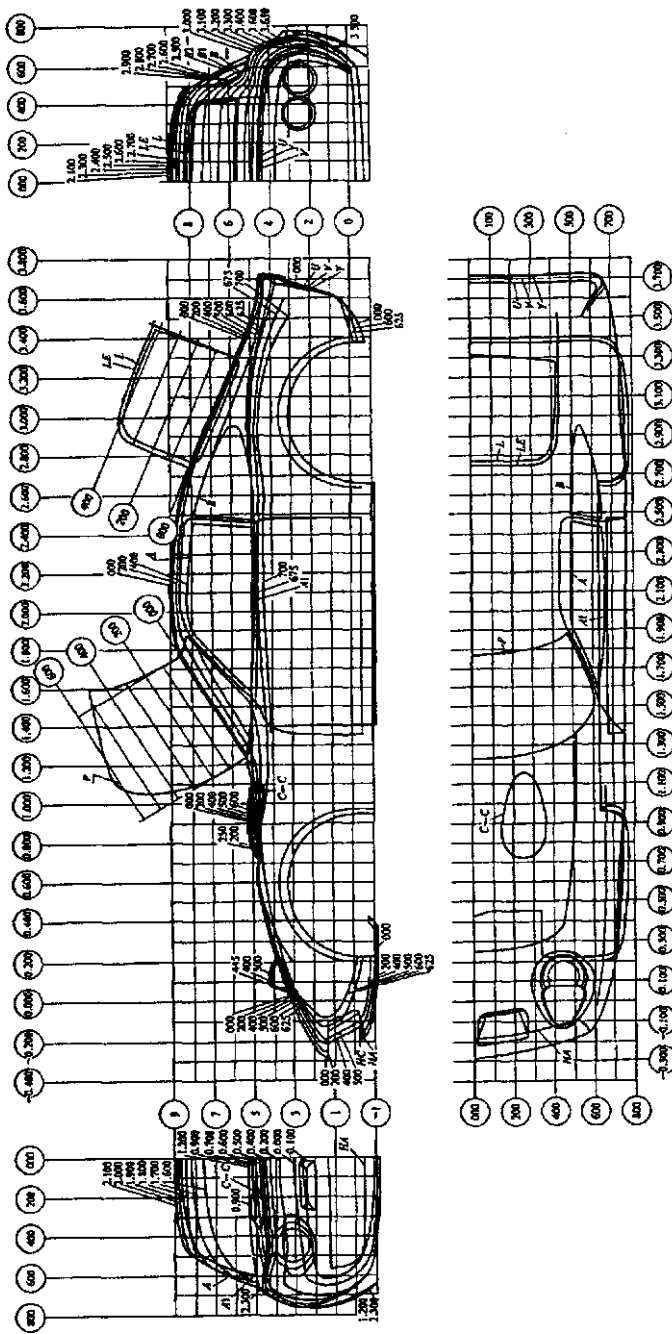


Рис. 4.10. Упрощенный плазовый чертеж поверхности кузова

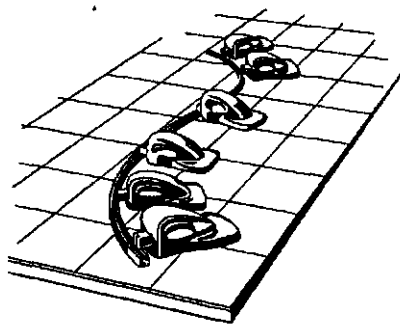


Рис. 4.11. Построение кривой линии с помощью гибкой рейки

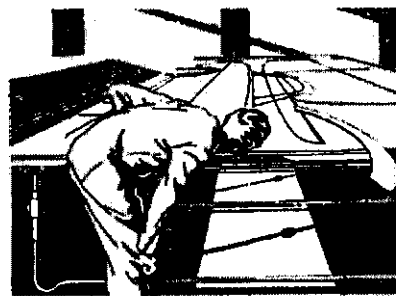


Рис. 4.12. Проверка плавности кривой линии

Для изготовления длинных молдингов, например для автобусного кузова, можно использовать тонкую деревянную рейку. На нее наносят мягкий пластилин, который «протягивается» металлическим шаблоном требуемого профиля. Затем рейка закрепляется на кузове. Иногда тонкие декоративные молдинги изготавливают так: на доске со слоем разогретого пластилина шаблоном «протягивают» канавку нужного профиля, заполняют ее эпоксидной или полиэфирной смолой с отвердителем и алюминиевой пудрой и, не дожидаясь полного затвердевания, вынимают молдинг и накладывают на макет, изгибая его, как требуется.

При макетировании стараются использовать готовые детали, например фары, если они предполагаются стандартными, дверные ручки, если намечается использовать имеющиеся на производстве.

Макет внешних форм в натуральную величину является основой для точной разработки поверхности. С него снимаются шаблоны, и их очертания переносятся на плаз. *Плаз (плазовый чертеж)* поверхности представляет собой систему сечений поверхности кузова поперечными, продольными горизонтальными и продольными вертикальными плоскостями. Каждое такое сечение — кривая линия. Некоторое представление о плазовом чертеже поверхности кузова дает рис. 4.10. Многочисленные выносные линии на рис. 4.10 служат для того, чтобы указать, к какой именно секущей плоскости относится данная кривая. Номера этих плоскостей проставляются у выносных линий.

Плазовый чертеж выполняется в масштабе 1:1 на листе чертежной пленки, которая размещается на столе, размеры которого должны быть больше, чем размеры объекта проектирования. Чтобы уменьшить размеры стола, проекции кузова совмещают, а на видах сверху, спереди и сзади, если кузов симметричный, изображают только половину кузова до средней нулевой плоскости. На практике плазовый чертеж поверхности часто совмещают с плазовым чертежом конструкции кузова. Кроме того, вычерчивается плазо-

вый чертеж шасси. Точность построений элементов на плазовых чертежах — 0,25 мм.

Для вычерчивания кривых линий на плазе используются лекала и гибкие деревянные или пластмассовые рейки, которые изгибаются по точкам сечений поверхности и прижимаются к плазу тяжелыми грузами (крицами), как это показано на рис. 4.11. Поскольку рейка не может изогнуться резко, полученная с ее помощью кривая получается достаточно плавной. Проверить плавность вычерченной кривой можно простейшим способом: рассматривая ее вдоль вблизи плоскости чертежа (рис. 4.12).

Проверить плавность кривой по нескольким характерным точкам можно следующим образом. Предположим, длинная кривая с малой кривизной должна проходить через несколько опорных точек, расположенных на расстоянии 200 мм друг от друга. Зрительно оценить качество такой кривой трудно. Тогда строят вспомогательную кривую, у которой расстояние между характерными точками (абсциссы) уменьшено, например, до 10 мм, а ординаты такие же, как у проверяемой кривой. Такая кривая получается примерно в 20 раз короче, и заметить ее дефекты не составляет труда.

Плазовые работы очень трудоемки, требуют большого внимания конструктора, работать на обычном горизонтальном плазе приходится в неудобной позе, полулежа. Большую экономию времени дает разработка поверхности с помощью специализированных компьютерных программ.

Макет внешних форм машины в натуральную величину позволяет получить более реальное представление об ее облике, чем масштабный. Во время работы над макетом необходимо тесное сотрудничество дизайнера и конструктора, работающего над чертежами поверхности. Макет выверяется с учетом исправления кривых, которые на макете обязательно имеют отклонения от желаемой формы. Большое значение на этой стадии работы имеет контакт с технологами по штамповке кузовных деталей и сборке кузова. С их помощью намечается разбивка кузова на сборочные единицы, обозначаются

стыки между кузовными деталями, уточняются контуры дверей, капотов и других навесных элементов кузова.

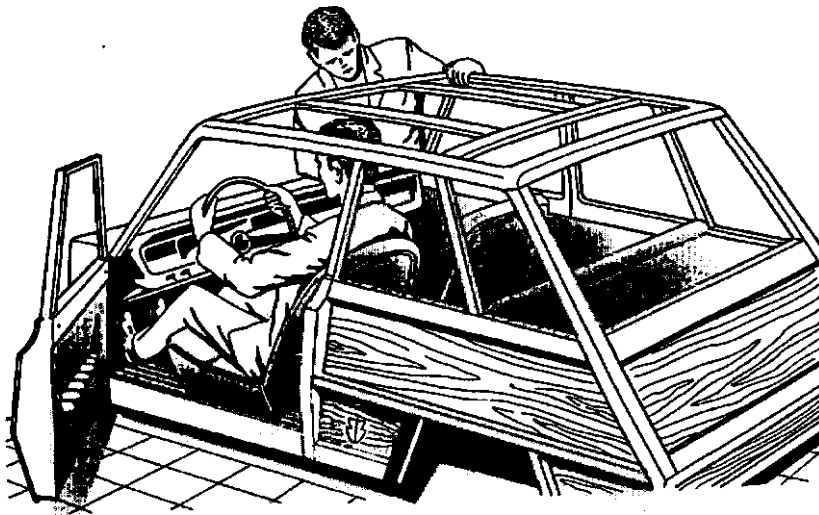
На основании выверенных плазовых чертежей поверхности изготавливается мастер-макет кузова. Он состоит из отдельных крупных деревянных блоков, мастер-моделей, которые точно состыковываются друг с другом. Работу выполняют модельщики высокой квалификации. Для изготовления мастер-макета используют хорошо высушенное дерево, обычно ольху, иногда красное дерево. Хранят детали в помещении с определенной влажностью, чтобы избежать коробления и искажения формы.

Поверхность деталей покрывается лаком. Мастер-макет исполняет роль конструкторского документа и своеобразного арбитра, так как с его помощью проверяется форма всех штампованных внешних деталей кузова и устраняются проблемы взаимной стыковки деталей, если они возникают при отладке штампового хозяйства в процессе подготовки производства. На рис. 4.13 в качестве примера показана мастер-модель переднего крыла легкового автомобиля.

Макеты внешних форм, масштабные и в натуральную величину, не могут прояснить вопросы, связанные с внутренним пространством, с интерьером машины. Эти вопросы решаются с помощью посадочного макета. Он обычно строится с применением дерева, фанеры, гипса, стеклопластика, пластика. Внешне посадочный макет не похож на разрабатываемый кузов или кабину, но внутреннее пространство точно соответствует чертежам. Посадочный макет легкового автомобиля показан на рис. 4.14, а кабины грузового автомобиля — на рис. 4.15.

Отправной точкой для постройки макета служит предварительно сделанный чертеж внутренней планировки кузова или кабины.





На основании этого чертежа и эскизной компоновки автомобиля проектируется каркас макета, который должен учитывать все основные особенности конструкции кузова.

Посадочный макет устанавливается на плите, обычно деревянной, на такой высоте над полом, которая соответствует проектному положению салона или кабины. Плита снабжается координатной сеткой. В макете в положении, соответствующем компоновке, устанавливается руль и другие органы управления, размещаются сиденья. Размеры сидений, их конфигурация и жесткость должны соответствовать проектируемой машине. Чаще всего на этой стадии работы таких сидений нет, в таком случае используют похожие сиденья от какой-либо другой машины. Двери кабины или кузова должны иметь кинематику открывания-закрывания, предусмотренную чертежом. Макет может быть дополнен панелью капота для проверки передней обзорности, а также стеклами из прозрачного пластика.

После постройки собственно объема внутреннего пространства кузова или кабины, установки в проектное положение сидений, руля, рычагов и педалей управления проверяют удобство размещения людей и удобство входа-выхода. Для этого применяют два метода: с использованием стандартного посадочного манекена и с помощью экспертной оценки.

Посадочный манекен размещают на сиденье в соответствии с оговоренной ГОСТ 28261 — 89 процедурой и определяют положение точки *H* и углы между элементами манекена. Эти параметры сравнивают с теми, кото-

рые были заложены в компоновку. Если отличия несущественны, то считается, что сиденье и его положение соответствуют проектному, а посадка «стандартного» человека удобна. Изменяя размеры посадочного манекена и положение сиденья в пределах диапазона регулировки, проверяют те же параметры для людей разных уровней репрезентативности. С помощью посадочного манекена определяют также параметры обзорности машины (ГОСТ Р 51266 — 99).

При экспертном методе оценки удобство посадки, входа-выхода, внешняя обзорность и обзорность панели приборов, доступность органов управления и удобство, пользования ими, а также другие факторы оцениваются людьми. Для этого приглашаются водители и потенциальные пользователи, имеющие разные антропометрические характеристики, разный стаж работы, различный возраст, комплекцию и даже характер. Они садятся в посадочный макет, проводят в нем какое-то время и затем отвечают на вопросы специальной анкеты. Вопросы этой анкеты охватывают все параметры и характеристики, определяющие условия «взаимодействия» человека и машины, которые можно выявить на этой стадии работы. После статистической обработки ответов, которые обычно формулируются в виде балльных оценок, можно получить достаточно полное представление о потребительских свойствах кабины или кузова. Чаще всего экспертная оценка проводится неоднократно, по мере того, как дорабатывается интерьер кабины или кузова: устанавливаются панели приборов разных вариантов, меняются материалы отделки салона и его цветовая гамма, изменяется форма рукояток управления и др. В конце работы с посадочным макетом получается, во-первых, достаточно достоверная информация для корректировки чертежно-конструкторской документации и, во-вторых, представление об интерьере будущей машины с точки зрения эстетики.

Помимо разработки плазового чертежа шасси, обычно строят макет шасси или, по крайней мере, макет моторного отсека (рис. 4.16), имеющего очень высокую плотность размещения в нем агрегатов

На макете шасси или моторного отсека, выполняемом в масштабе 1:1, можно проверить в натуральную величину все зазоры, которые не могут быть определены графическим способом, найти правильное положение тяг, проложить трубки и провода, проверить доступность агрегатов для обслуживания и демонтажа. Большим достоинством макетирования является возможность легкой и быстрой проверки различных вариантов конструкции и расположения агрегатов. Макетирование шасси дает возможность свести к минимуму компоновочные ошибки и тем самым значительно облегчить, ускорить и удешевить работы по постройке опытных образцов и доводке конструкции автомобиля. Кроме чисто технических задач, с помощью макета подкапотного пространства можно решить вопросы его эстетического оформления, что весьма важно с точки зрения привлекательности автомобиля для потенциального покупателя.

Макет строят на плите, обычно деревянной, чтобы можно было удобно крепить к ней отдельные части макета. Плита снабжается координатной сеткой. Наличие сетки позволяет все замеры делать с помощью линейки, угольника, отвеса и рейсмуса.

Перед изготовлением макетов отдельных агрегатов, узлов и деталей на основе рабочих чертежей или компоновок составляют эскизы (без излишних подробностей). В необходимых случаях эскизы снабжают координатной сеткой, которую переносят на макет узла или детали.

Макеты агрегатов и узлов выполняют в основном из дерева, предпочтительно из ольхи. Материал должен быть тщательно просушен. Поверхность отдельных частей макета отделяют, шпаклюют и окрашивают, чтобы предупредить коробление и растрескивание при изменениях влажности и температуры окружающего воздуха.

Основание макета — макет рамы (или только ее передней части) или основания несущего кузова — устанавливают на массивных деревянных подставках на проектной высоте над поверхностью плиты.

При постройке макета широко используют всякие подручные средства и материалы. Если имеются в наличии готовые узлы и агрегаты, которые предполагается использовать на проектируемой машине, то их используют в качестве частей макета, причем обычно только корпусные детали, без «начинки».

Макеты таких сложных агрегатов, как двигатель, делают составными (блок цилиндров, головка цилиндров, масляный картер, впускной и выпускной газопроводы, воздушный фильтр и т.д. выполняют отдельно и скрепляют между собой с помощью болтов, винтов или шипов), что позволяет легко разбирать макет на части и при необходимости изменять эти части или их относительное положение.

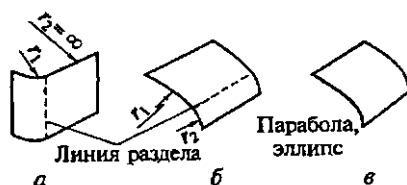


Рис. 4.17. Выполнение переходов поверхностей разной кривизны: *a, б* — неправильно (неплавно); *в* — правильно (плавно);  $r_1, r_2$  — радиусы кривизны

Переднюю подвеску легкового автомобиля макетируют подробно. Вместо колеса на вращающейся ступице укрепляют профильный шаблон колеса с шиной, сделанный из фанеры или листового дюралюминия. Это дает возможность, поворачивая шаблон вокруг оси колеса, увидеть все зазоры между соседними деталями шасси и оперения при различных положениях колеса по высоте и углу поворота, например для тормозных шлангов. Такой шаблон позволяет определить форму кожуха колеса, который на макете можно изготовить в виде решетчатого каркаса из проволоки, а после уточнения его формы заменить оболочкой из стеклопластика, изготовленной на этом же каркасе.

Таким же способом при необходимости изготавливают другие частные макеты (агрегатов шасси в области задней подвески, системы выпуска выхлопных газов, топливного бака и топливопроводов и др.).

Оценка объема багажника также производится с помощью макета. Указание объема багажника в кубических метрах или литрах (кубических дециметрах) не является мерой его действительной вместимости, так как не определяет конфигурации его объема и возможности укладки больших предметов. Для оценки реально используемого объема багажника легкового автомобиля часто используют комплект из нескольких чемоданов определенных стандартных размеров. Полезный объем багажника определяется как сумма объемов отдельных чемоданов. Если после укладки всего комплекта в багажнике остается свободное место, то в него укладывают стандартные чемоданы меньшего размера, пока не будет заполнен весь объем багажника. Иногда вместо чемоданов используют параллелепипеды стандартного размера.

Разработка поверхностей кузова или кабины. Под разработкой поверхности какого-либо элемента кузова или кабины обычно понимают изображение этой поверхности в той или иной форме. При этом разрабатываемая поверхность должна быть логичной, правильной, т. е. зрительно восприниматься как гармоничная, закономерная. Последнее обусловлено естественными законами зрительного восприятия.

Когда человек рассматривает какой-либо крупный предмет, то его взгляд перемещается по поверхности этого предмета, и таким образом создается единое впечатление о его форме. Перемещение взгляда обычно происходит по определенной траектории, которая определяется основными формообразующими линиями на поверхности предмета. Движение взгляда в известной степени можно ассоциировать с движением материальной точки. Если траектория перемещения — прямая линия, то движение точки происходит без задержек. Предположим, что прямая линия переходит в кривую постоянного радиуса. Тогда в точке сопряжения прямой и дуги окружности возникает поперечное ускорение, причем возникает мгновенно, резко. Если перемещается не материальная точка, а взгляд, то, когда он дойдет до точки сопряжения, человек испытает определенное неудобство, зрительный дискомфорт, ощутит «нелогичность» перехода одной линии в другую. Этого не произой-

дет, если боковое ускорение будет нарастать плавно, но в таком случае между прямой и сопрягаемой с ней дугой окружности должна быть некая переходная кривая.

Если речь идет не о линии, а о поверхности, которая образована перемещением, например, отрезка прямой по упомянутой прямой и дуге окружности или по двум сопряженным дугам, как это показано на рис. 4.17, *а* и *б*, то световое пятно (блик) в месте раздела поверхностей резко изменит размеры. Это вызовет у зрителя ощущение «разорванности» поверхности, и она не будет восприниматься как единое целое. Если переход выполнен по кривой высшего порядка (рис. 4.17, *в*), то световое пятно будет изменять размеры постепенно, и поверхность произведет лучшее впечатление.

Поверхности, ограничивающие внешние контуры кузова или кабины, могут быть плоскими, линейчатыми (полученными движением прямой по криволинейной траектории) и сложными (образованными движением кривой по криволинейной траектории).

Плоские поверхности и, соответственно, плоские наружные детали применяются в автомобиле- и тракторостроении с осторожностью, потому что такие детали не обладают достаточной жесткостью, а световой блик на них (или отражение окружающих предметов) получается неправильной формы (искаженным). Для повышения жесткости плоских кузовных деталей их приходится подкреплять изнутри различными усилителями или выполнять на их поверхности выштампованные выпуклые или вогнутые ребра. Такие поверхности применяются, например, на автобусных кузовах.

Линейчатые поверхности (с точки зрения чистой геометрии — цилиндрические) используются чаще всего на боковых стенках и крыше автобусов. Они позволяют сделать кузовную панель достаточно жесткой, причем жесткость тем выше, чем меньше радиус изгиба панели.

подавляющее большинство наружных поверхностей кузова или кабины — криволинейные.

Если криволинейную поверхность расечь несколькими параллельными плоскостями, то образуется ряд кривых, которые могут находиться между собой в определенной зависимости равенства, подобия или коллинеарности (сродства) (рис. 4.18).

При равенстве (рис. 4.18, а) кривые I, II, III и IV геометрически равны. Геометрическое подобие (рис. 4.18, б) означает, что кривые II, III и IV имеют такую же форму, как и кривая I, но как бы разные масштабы, которые меняются в соответствии с удалением от кривой I. При коллинеарной зависимости (рис. 4.18, в) кривая I преобразуется в кривые II, III и IV в соответствии с формой кривых V и W.

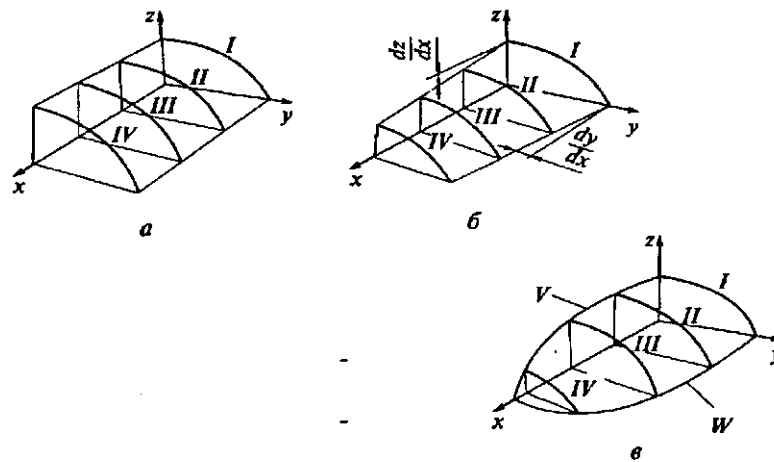


Рис. 4.18. Геометрические зависимости между кривыми:

а — равенство; б — подобие; в — коллинеарность

В большинстве случаев поверхности кузовов образуются с помощью коллинеарных кривых. Исключение составляют длинные кузова автобусов, фургонов, иногда отдельные участки тракторных кабин и капотов при ограниченных технологических возможностях производства.

Форма поверхности, образованной с помощью коллинеарных кривых, и ее вид существенно зависят от выбора исходной кривой (рис. 4.19).

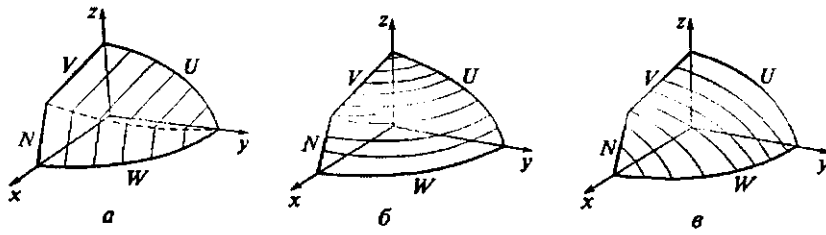


Рис. 4.19. Влияние выбора исходной кривой на форму поверхности

124

На рис. 4.19, *а* изображена поверхность, для которой исходной кривой является ломаная линия, образованная прямыми отрезками *V* и *N*. По мере удаления от исходной плоскости, в которой расположена исходная кривая, образуется поверхность с постоянной гранью, и эта грань сохранится до завершения поверхности при продвижении исходной кривой вдоль кривых *U* и *W*.

Если в качестве исходной выбрана кривая *W* (рис. 4.19, *б*), то получившаяся в результате построения поверхность будет иметь некоторую небольшую грань, показанную пунктиром.

При выборе кривой *U* в качестве исходной (рис. 4.19, *в*) поверхность получится вообще без грани, будет только небольшой угол между частями ломаной, образованной прямыми отрезками *V* и *N*.

Пример поверхности передней части легкового автомобиля с достаточно выраженными исходными кривыми (они выделены толстыми линиями) показан на рис. 4.20.

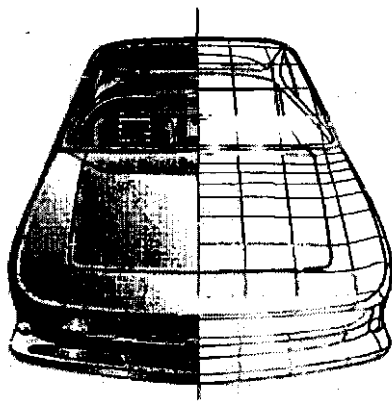




Рис. 4.20. Поверхность передней части легкового автомобиля

Часто при построении поверхности кузова легкового автомобиля в качестве основной исходной кривой выбирается наибольшее поперечное сечение («мидель-сечение») или силуэт — боковая проекция автомобиля.

Ранее говорилось, что при вычерчивании плазового чертежа поверхности кузова производится графическая разработка участков поверхности. Эта операция необходима, потому что пластилиновый макет неизбежно выполняется с определенными погрешностями, а поверхности кузова должны быть геометрически правильными.

На плоском чертеже криволинейная поверхность может быть изображена системой кривых, каждая из которых представляет собой линию пересечения поверхности секущей плоскостью. Пропорциональность между образующими поверхность кривыми одного семейства одной или несколькими исходным кривым обеспечивается с помощью так называемых ключей. В качестве примера рассмотрим два ключа — трапецеидальный и радиальный.

В основу трапецеидального ключа положено правило Фалеса, позволяющее построить пропорциональные кривые. Этот способ применяется, если заданы две (иногда одна) ограничивающие кривые. (рис. 4.21).

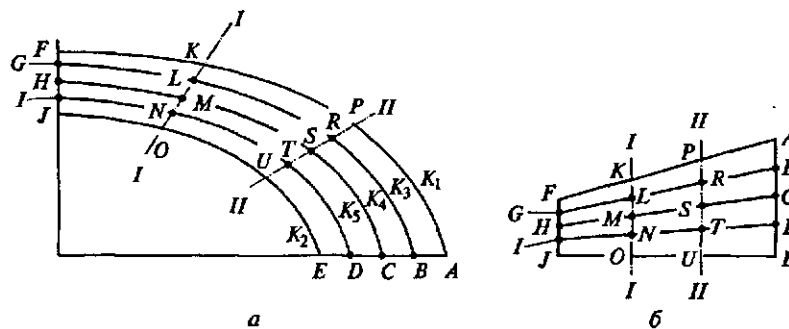


Рис. 4.21. Разработка поверхности трапецеидальным ключом:  
а — кривые, определяющие форму поверхности; б — трапецеидальный ключ

Предположим, что заданы ограничивающие кривые  $K_1$  и  $K_2$ , между которыми должны расположиться кривые  $K_3$ ,  $K_4$ ,  $K_5$  (рис. 4.21, а). Точки  $B$ ,  $C$ ,  $D$  и  $G$ ,  $H$ ,  $I$  определяют конечные положения кривых  $K_3$ ,  $K_4$ ,  $K_5$ , которые требуется построить. Строится ключ (рис. 4.21, б) — вспомогательный отрезок

прямой произвольной длины, и на его концах восстанавливают перпендикуляры  $JF$  и  $EA$ .

На этих перпендикулярах откладывают отрезки  $EA$  и  $JF$ , каждый из которых разбивают на равные части, получают точки  $B, C, D$  и  $G, H, I$ . Соединяя между собой точки, соответствующие концам кривых  $K_1, K_3, K_4, K_5$ , получают линии  $AF, BG, CH, DI$ . Проводят произвольные сечения, например I—I и II—II на ключе и на разрабатываемых кривых, отыскивают на ключе промежуточные точки искомых кривых, они находятся как точки пересечения линий сечений и прямых  $ID, HC, GB$  и т.д. Для кривой  $K_3$  это точки  $L, R$ , для кривой  $K_4$  — точки  $M, S$ , для кривой  $K_5$  — точки  $N, T$ . Эти точки переносят с ключа на сечения I—I и II—II и получают ряд точек искомых кривых.

На форму получившейся поверхности отчасти можно влиять, выбирая направления сечений I—I, II—II и любого числа других, если это требуется для повышения «подробности» построения.

Поверхность, полученная с помощью трапецидального ключа, не всегда удовлетворяет эстетическим требованиям. Более сложные и более совершенные поверхности можно получить с применением других ключей, например радиального. При его использовании в криволинейную поверхность вводятся более сложные зависимости. Разработка поверхности с использованием радиального ключа поясняется на рис. 4.22.

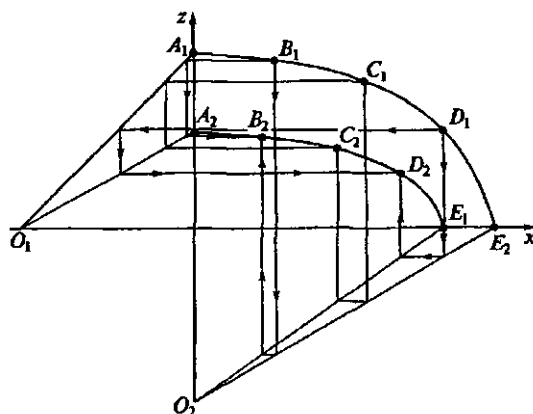


Рис. 4.22. Разработка поверхности радиальным ключом

Предположим, что имеется исходная кривая  $A_1E_1$  и требуется построить зависимость от нее производную кривую  $A_2E_2$ .

Для этого на продолжениях осей координат выбирают два фокуса  $O_1$  и  $O_2$ . Положение фокусов произвольное, но для удобства построений лучше выбирать их таким образом, чтобы радиусы  $O_1A_1$ ,  $O_1A_2$ ,  $O_2E_1$  и  $O_2E_2$  составляли с осями координат углы, близкие  $45^\circ$ .

Дальнейшие построения ведут в следующем порядке. Для получения на будущей кривой точки, эквивалентной точке  $D_1$ , из нее проводят вертикальную линию до пересечения с радиусом  $O_2E_1$  из точки их пересечения — горизонтальную прямую до пересечения с радиусом  $O_2E_2$ , из этой точки пересечения — вертикальную прямую, которая является абсциссой точки  $D_2$ . Затем из точки  $D_1$  проводят горизонтальную прямую до пересечения с радиусом  $O_1A_1$ ; из точки пересечения — вертикальную прямую до пересечения с радиусом  $O_2A_2$ ; из полученной точки пересечения — горизонтальную прямую, которая обозначает ординату точки  $D_2$ . Искомая точка  $D_2$  лежит на пересечении абсциссы и ординаты. Аналогичным образом строится произвольное число точек, которые определяют искомую кривую  $A_2E_2$ . Повторяя описанную процедуру, можно построить любое количество кривых, которые в совокупности определяют искомую поверхность с необходимой точностью.

Более совершенным является так называемый прямоугольный ключ. Здесь за исходную поверхность принимают параллелепипед из условного материала, который может деформироваться. Затем растяжением, сжатием, изгибом и кручением его деформируют, пока не получится искомая поверхность.

Для фиксации полученной тем или иным способом поверхности, т.е. для выпуска чертежа с информацией, достаточной, например, для проектирования и изготовления штампа, применяют различные способы. Описанные ключи выражают поверхность системой кривых линий, каждая из которых имеет определенное чертежом положение в пространстве. Этого достаточно. Кроме такого способа, поверхность можно зафиксировать с помощью чертежа, пример которого показан на рис. 4.23.

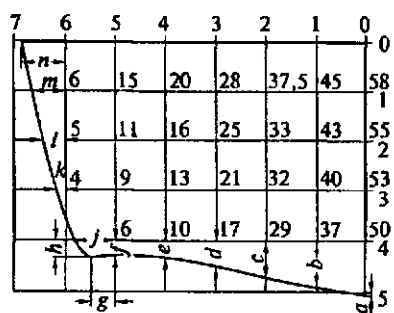


Рис. 4.23. Элемент поверхности кузова с размерами, обозначающими расстояния от постоянной базы

Изображаемая кузовная деталь рассекается системой взаимно-перпендикулярных плоскостей, и на пересечениях этих плоскостей проставляются размеры, показывающие высоты этих точек относительно некото-

рой нулевой плоскости, численные значения величин  $a, b, n$  — это расстояния точек кривой до ближайших линий координатной сетки. Такое представление поверхности удобно, например, для контрольных замеров штампа.

Все сказанное относительно графической разработки поверхностей касается плазовых работ, выполняемых вручную, и является своеобразной классикой кузовного дела.

В настоящее время такая работа проводится редко, так как чаще используется компьютер. Имеются многочисленные компьютерные программы, позволяющие конструктору или дизайнеру построить все поверхности, определяющие кузов, и кузов в целом, не прибегая к выполнению чертежей на бумажных или иных подобных носителях.

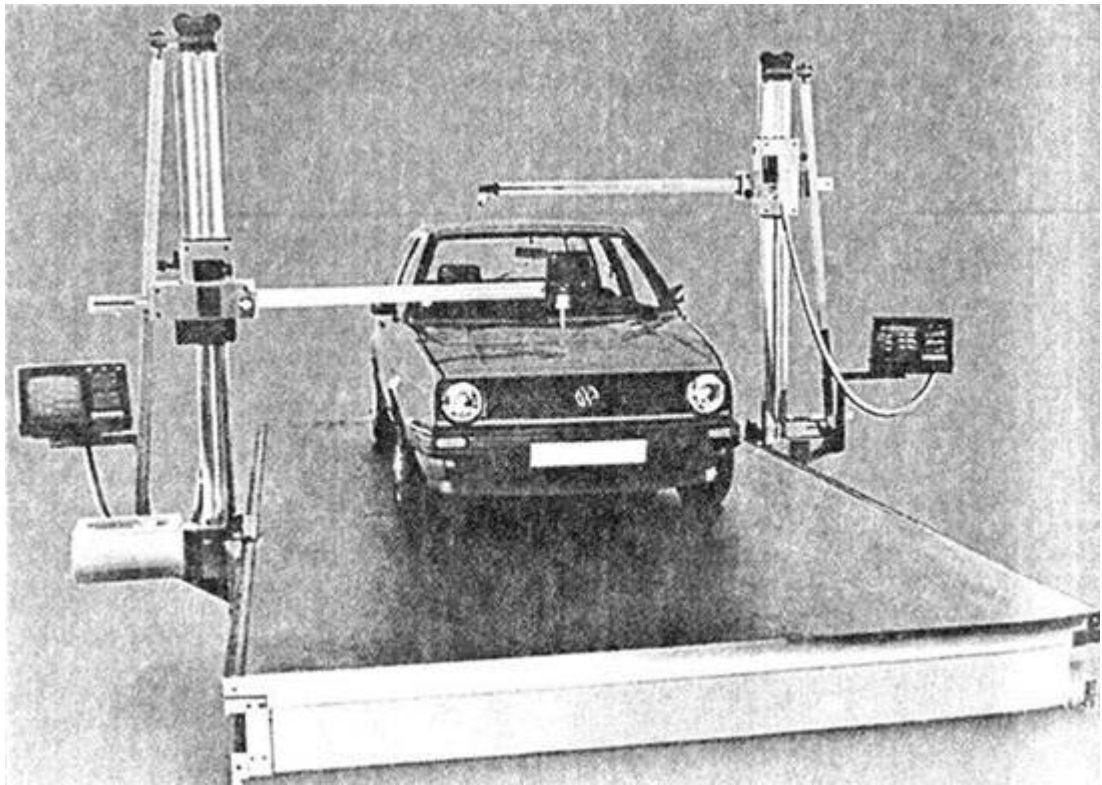


Рис. 4.24. Определение формы макета с использованием трехмерной измерительной установки

Суть любой графической компьютерной программы сводится к тому, что линии и поверхности описываются системами дифференциальных уравнений, причем пользователь не вникает в этот процесс и чаще всего не знает, как он происходит. Ему это и не требуется. Его задача заключается в том, чтобы задать, например, исходное сечение объекта разработки и общие закономерности развития этого сечения в направлении какой-либо координатной оси и следить на экране монитора, как его задания исполняются. Пользователь (дизайнер или конструктор) может влиять на характер получающейся поверхности или объема и контролировать его «плавность» и неразрывность. Для этого он поворачивает предмет на экране, создает освещение предмета рассеянным светом или от точечного источника, делает поверхность блестящей или матовой. Отражение света, световые блики позволяют выявить все дефекты разработанной компьютерной модели поверхности. Хорошие результаты дает также оценка поверхности, на которую нанесены широкие светлые и темные полосы.

Применение компьютерных технологий не исключает изготовления макетов, но делает общий процесс создания кузова или кабины более целенаправленным.

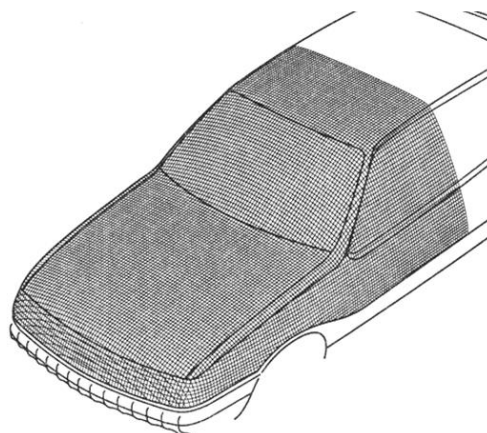


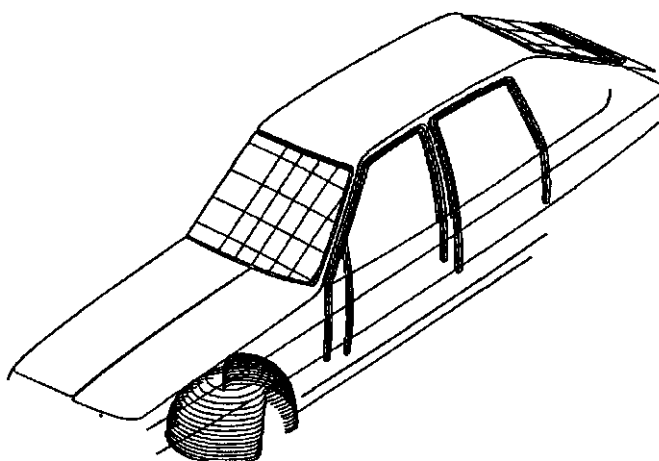
Рис. 2.45 - Сечения кузова

В компьютер вводятся информация о формах макета с помощью различных способов:

- путем «ощупывания» макета с использованием трехмерной измерительной установки, дающей три координаты любой точки макета, к которой поднесен специальный щуп (рис. 4.24);

- фотографированием макета или детали одновременно с двух точек, в результате чего получается стереоскопическое изображение, позволяющее определить координаты любой точки предмета;

- обмером макета лазерным устройством с одновременным вводом данных в компьютер



#### Рис. 4.26. Компьютерная разработка конструктивных элементов кузова

Анализ поверхностей модели с помощью компьютера позволяет непосредственно в ходе макетных работ вносить коррективы в формы элементов макета и исправлять неизбежные погрешности, связанные с «человеческим фактором».

После разработки поверхностей кузова компьютер позволяет получить информацию о любых сечениях объекта, выполненных как угодно подробно. Пример этого показан на рис. 4.25.

После утверждения внешних форм кузова наступает этап конструктивной проработки его элементов. На рис. 4.26 показаны результаты компьютерной разработки колесных кожухов и дверных проемов.

Для формирования колесной ниши достаточно ввести в компьютер информацию о размерах колеса, кинематике его перемещений при работе подвески и рулевого управления, необходимых зазорах между колесом и элементами кузова.

Для разработки дверных проемов конструктор вводит в компьютер сведения о кинематике двери при открывании, о размерах и необходимой деформации уплотнителей, если требуется — информацию о предполагаемой кинематике опускных стекол (при безрамочной двери).

Большинство фирм, занимающихся проектированием и изготовлением автомобильных кузовов, перешли на бесчертежную систему конструкторской документации. Вся информация о кузовных деталях разрабатывается и хранится в электронном виде.

После компьютерной разработки поверхности кузова и его конструктивных элементов информация в электронном виде направляется на станки с числовым программным управлением (ЧПУ) для фрезеровки штампов.

Вначале модели штампов изготавливают из дерева или алюминия, причем в программы для станков с ЧПУ вводят соответствующие коррективы, связанные с размерами и конфигурацией режущих инструментов (фрез).

После проверки полученных штампов и, если возникает необходимость, устранения ошибок и неточностей, изготавливают рабочие комплекты штамповой оснастки, штампуют детали и проводят контрольную сборку кузова или кабины. Постоянно осуществляется двухсторонняя связь между технологами и конструкторами и корректируются базы данных, содержащие информацию о деталях кузова

## ГЛАВА 5 АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАШИНЫ

### 5.1. Аэродинамические характеристики машины

При натекании воздушного потока на машину действуют полная аэродинамическая сила и полный аэродинамический момент. Полная аэродинамическая сила  $P_v$  — это равнодействующая всех элементарных аэродинамических сил, действующих на поверхность машины. Полный аэродинамический момент  $M_v$  — это результирующий момент, создаваемый всеми действующими на машину аэродинамическими силами.

Полная аэродинамическая сила и полный аэродинамический момент определяются из выражений:

$$P_w = 0,5C_w \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2$$

$$M_w = 0,5m_w \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot B$$

где  $C_w$  и  $m_w$  — коэффициенты полной аэродинамической силы и момента соответственно;  $F$  — площадь миделевого сечения машины;  $\rho$  — плот-



ность воздуха;  $V_\infty$  — скорость натекания невозмущенного воздушного потока;  $B$  — характерный размер (база машины).

Значение и степень воздействия силы  $P_w$  и момента  $M_w$  зависят от конструкции, формы и обтекаемости машины и характеризуют ее аэродинамические свойства.

Применительно к колесным и гусеничным тракторам, скорость которых невелика, важна только их аэродинамическая устойчивость под действием бокового ветра.

Наиболее важным является рассмотрение аэродинамических свойств скоростных колесных машин, к которым относятся легковые автомобили, междугородные автобусы и магистральные автопоезда.

На рис. 5.1 показана схема действующих на автомобиль аэродинамических сил и моментов, которые являются проекциями полной аэродинамической силы на оси  $X$ ,  $Y$ ,  $Z$ , начало которых совмещено с центром масс  $\text{Цг}$  машины, и полного аэродинамического момента относительно этих осей в связанной системе координат.

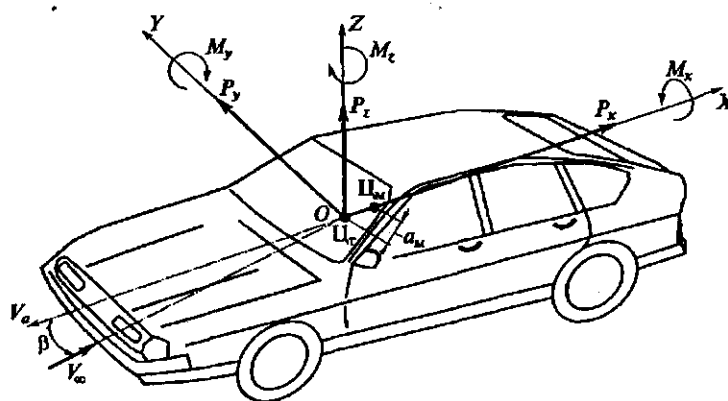


Рис. 5.1. Схема аэродинамических сил и моментов, действующих на автомобиль:

$\text{Цг}$  — центр масс автомобиля;  $\text{Ц}_m$  — метацентр;  $a_m$  — плечо приложения аэродинамической силы;  $\beta$  — угол натекания воздушного потока;  $P_x$  — сила лобового сопротивления;  $P_y$  — боковая сила;  $P_z$  — подъемная сила;  $M_x$  — момент крена;  $M_y$  — опрокидывающий момент (момент тангажа);  $M_z$  — поворачивающий момент (момент рысканья)

Численные значения аэродинамических сил и моментов определяются по следующим формулам. Сила лобового сопротивления

$$P_x = 0,5C_x \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2$$

где  $C_x$  — коэффициент аэродинамического сопротивления.

Боковая сила

$$P_y = 0,5C_y \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2$$

где  $C_y$  — коэффициент боковой силы.

Подъемная сила

$$P_z = 0,5C_z \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2$$

где  $C_z$  — коэффициент подъемной силы.

Момент крена

$$M_x = 0,5m_x \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot B$$

где  $m_x$  - коэффициент момента крена;  $B$  — поперечная база машины.

Опрокидывающий момент (момент тангажа)

$$M_y = 0,5m_y \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot L$$

где  $m_y$  — коэффициент опрокидывающего момента;  $L$  — продольная база машины.

Поворачивающий момент (момент рысканья)

$$M_z = 0,5m_z \cdot F \cdot \rho \cdot V_\infty^2 \cdot B$$

где  $m_z$  — коэффициент поворачивающего момента.

Коэффициенты полной аэродинамической силы  $C_w$ , и момента  $m_w$  определяются из следующих выражений:

$$C_w = \sqrt{C_x^2 + C_y^2 + C_z^2} \quad m_w = \sqrt{m_x^2 + m_y^2 + m_z^2}$$

Сила лобового сопротивления  $P_x$  существенно влияет на затраты мощности при движении автомобиля с высокой скоростью. Боковая сила  $P_y$  возникает при кососимметричном обтекании колесной машины под действием

бокового ветра. Подъемная сила  $P_z$  является результатом действия большего давления на днище машины, чем на крышу.

Точка  $C_m$  (см. рис. 5.1) приложения равнодействующей аэродинамических сил называется метацентром. Расстояние от центра масс машины до метацентра называется плечом приложения аэродинамической силы, создающей момент, стремящийся повернуть автомобиль. Под действием поворачивающего момента машина стремится встать перпендикулярно направлению воздушного потока, если он не совпадает с ее продольной осью. Однако за счет сил трения в зоне контакта шин с дорогой машина движется в заданном направлении.

У автомобиля обтекаемой формы поворачивающий момент будет больше, чем у необтекаемого, из-за большей величины этого плеча. Размер плеча  $a_k$  приложения аэродинамической силы наряду с высотой метацентра определяет аэродинамическую устойчивость машины при воздействии продольных и боковых ветров. В идеальном случае — при совпадении центра масс и метацентра — аэродинамический момент равен нулю. Однако в реальных условиях центр масс машины и ее метацентр, как правило, не совпадают. При этом, если равнодействующая аэродинамических сил проходит впереди центра масс, то машина поворачивается по направлению ветра, т.е. она аэродинамически неустойчива.

Сила аэродинамического сопротивления тела, перемещающегося в воздушной среде, определяется коэффициентом аэродинамического сопротивления, площадью миделевого сечения, плотностью воздуха, скоростью натекания воздушного потока и рассчитывается по формуле, выведенной из основных положений гидромеханики:

$$P_w = C_x \cdot q \cdot F \quad (5.1)$$

где  $C_x$  — коэффициент аэродинамического сопротивления (обтекаемости);  $q$  — скоростной, или динамический, напор;  $F$  — площадь миделевого сечения, т.е. наибольшая площадь сечения тела в плоскости, перпендикулярной направлению его движения.

С учетом того, что

$$q = 0,5 \rho \cdot V_{\infty}^2$$

выражение (5.1) примет вид:

$$P_w = 0,5 C_x \cdot F \cdot \rho \cdot V_{\infty}^2 \quad (5.2)$$

В теории автомобиля величину  $0,5 \rho C_x F$  принято обозначать как фактор обтекаемости  $KF$ . Тогда выражение (5.2) можно представить в виде известной в теории автомобиля формулы:

$$P_w = KF(V/3,6)^2.$$

В этой формуле скорость натекания невозмущенного воздушного потока  $V_{\infty}$  измеряется в километрах в час, за счет этого появляется переходный коэффициент 3,6.

Следует учитывать, что скорость  $V_{\infty}$  натекания потока может меняться в зависимости от скорости  $V_{\epsilon}$  и угла натекания  $\beta$  бокового ветра. Для оценки влияния скорости и направления ветра можно использовать следующее выражение:

$$V_{\infty} = \sqrt{V_a^2 + V_{\epsilon}^2 + 2V_a V_{\epsilon} \cos \beta}$$

где  $V_a$  — скорость движения автомобиля.

При отсутствии ветра  $V_{\infty} = V_a$ . Если ветер направлен против движения, то  $V_{\infty} = V_a + V_{\epsilon}$ . При совпадении направления ветра с направлением движения автомобиля  $V_{\infty} = V_a - V_{\epsilon}$ .

Аэродинамическое сопротивление колесной машины имеет пять основных составляющих:

- сопротивление формы  $P_{wf}$ ;
- сопротивление трения  $P_{wm}$
- сопротивление внутренних потоков воздуха в системах охлаждения двигателя и вентиляции кабины и кузова  $P_{wb}$ ;
- индуктивное сопротивление  $P_{wi}$ ;

- дополнительное сопротивление (мелких элементов на кабине и кузове)  $P_{wd}$ .

Сопротивление формы  $P_{wf}$  является результирующей всех элементарных сил нормального давления, действующих на внешнюю поверхность кабины и кузова. Оно определяется обтекаемостью форм их продольного и поперечного сечений.

Сопротивление трения  $P_{wt}$  — результирующая всех касательных сил, действующих на внешнюю поверхность кабины и кузова, зависящая от касательных напряжений в зоне пограничного слоя.

Для обеспечения минимального значения сопротивления трения необходимо, чтобы касательные напряжения были малы, тогда пограничный слой сохранит свою ламинарность. В противном случае — при больших касательных напряжениях — он переходит в турбулентное состояние, что сопровождается отрывом потока и возникновением вихрей.

Сопротивление внутренних потоков  $P_{WB}$  возникает из-за торможения и потери энергии встречного воздуха, забираемого в системы охлаждения двигателя и вентиляции кабины и кузова, и зависит от их конструктивного исполнения и расхода воздуха.

Индуктивное сопротивление  $P_{wi}$ , обусловлено возникновением действующей на машину подъемной силы и перетеканием с вихреобразованиями воздушных потоков из подднищевой зоны вверх по боковым-стенкам кабины и кузова (ввиду разности давлений на днище машины и ее крыше) и зависит от ее конструктивного исполнения, структуры и объема перемещаемого под ней воздушного потока.

Дополнительное сопротивление  $P_{wd}$  связано с наличием на поверхностях кабины и кузова мелких, выступающих за их габариты, конструктивных элементов (дверных ручек, наружных зеркал, антенн, габаритных фонарей и т.д.). Оно определяется как числом этих элементов, так и уровнем их обтекаемости.

Удельный вес составляющих аэродинамического сопротивления зависит от типа машины.

В среднем принято:

*для пассажирских автомобилей:* сопротивление формы  $P_{w\phi}$  — 65%, сопротивление трения  $P_{wm}$  — 5%, сопротивление внутренних потоков  $P_{WB}$  — 7%, индуктивное сопротивление  $P_{wи}$  — 12%, дополнительное сопротивление  $P_{w\partial}$  — 11%;

*для грузовиков и магистральных автопоездов:* сопротивление формы  $P_{w\phi}$  — 70 %, сопротивление трения  $P_{wm}$  — 7 %, сопротивление внутренних потоков  $P_{WB}$  — 8 %, индуктивное сопротивление  $P_{wи,}$  — 7 %, дополнительное сопротивление  $P_{w\partial}$  — 8 %.

В табл. 5.1 приведены значения коэффициента аэродинамического сопротивления  $C_x$ , площади миделевого сечения  $F$  и фактора обтекаемости  $KF$  для ряда легковых и грузовых автомобилей, автобусов и магистральных автопоездов.

## 5.2. Связь дизайна и аэродинамики колесной машины

Сегодня автомобильная техника стала показателем технического уровня не только фирмы, но и государства в целом. Учитывая большое значение аэродинамики в повышении технико-экономических и потребительских качеств автомобиля, каждый производитель стремится обеспечить ему наилучшие аэродинамические формы, но результат всегда будет определяться их научно и эстетически обоснованным сочетанием с дизайном кузова.

При выборе формы кузова дизайнер осуществляет синтез проработок кузова с учетом предъявленных к нему требований относительно:

- объема салона, багажника, подкапотного пространства;
- размещения водителя и пассажиров в соответствии с эргономическими нормами;
- месторасположения двигателя, топливного бака и запасного колеса;

- доступности и достаточной обзорности через дверные проемы и окна;
- соблюдения стандартизированных норм на бамперы, светотехнику, номерные знаки и т.д.

В свою очередь, специалист по аэродинамике, работая на компьютере и проводя испытания в аэродинамической трубе, оценивает и проверяет полученные аэродинамические характеристики масштабной модели или натурного макета, в которых реализованы предложенные формы кузова, и предлагает дизайнеру варианты ее улучшения. Эффективность их сотрудничества проявляется в степени совершенства эстетических и аэродинамических характеристик проектируемого автомобиля и возможности реализовать их в его окончательной форме.

В настоящее время при практической разработке перспективных автомобилей наблюдается тенденция к сближению дизайнерского и аэродинамического проектирования. При этом повышаются требования к уровню знаний дизайнера в области влияния формы кузова и отдельных его элементов на аэродинамику автомобиля, так как владея такой информацией он сможет повысить эффективность художественного конструирования, осмысляя вводимые изменения в форму не только в эстетическом плане, но и с точки зрения улучшения обтекаемости.

Как известно, наиболее ответственным этапом аэродинамического проектирования кузова является отработка его внешней формы, поскольку степень ее совершенства определяет уровень дизайна и обтекаемости автомобиля.

Процесс формообразования кузова уже на ранней его стадии следует вести по трем направлениям: художественное проектирование, аэродинамическое проектирование и эргономическое проектирование.

На рис. 5.2 показан алгоритм формообразования автомобильного кузова.

Такой системный подход позволяет своевременно учесть все замечания и предложения дизайнеров, специалистов в области аэродинамики и эргоно-

мики по изменению внешней формы кузова до изготовления натурального пластилинового макета проектируемого автомобиля.

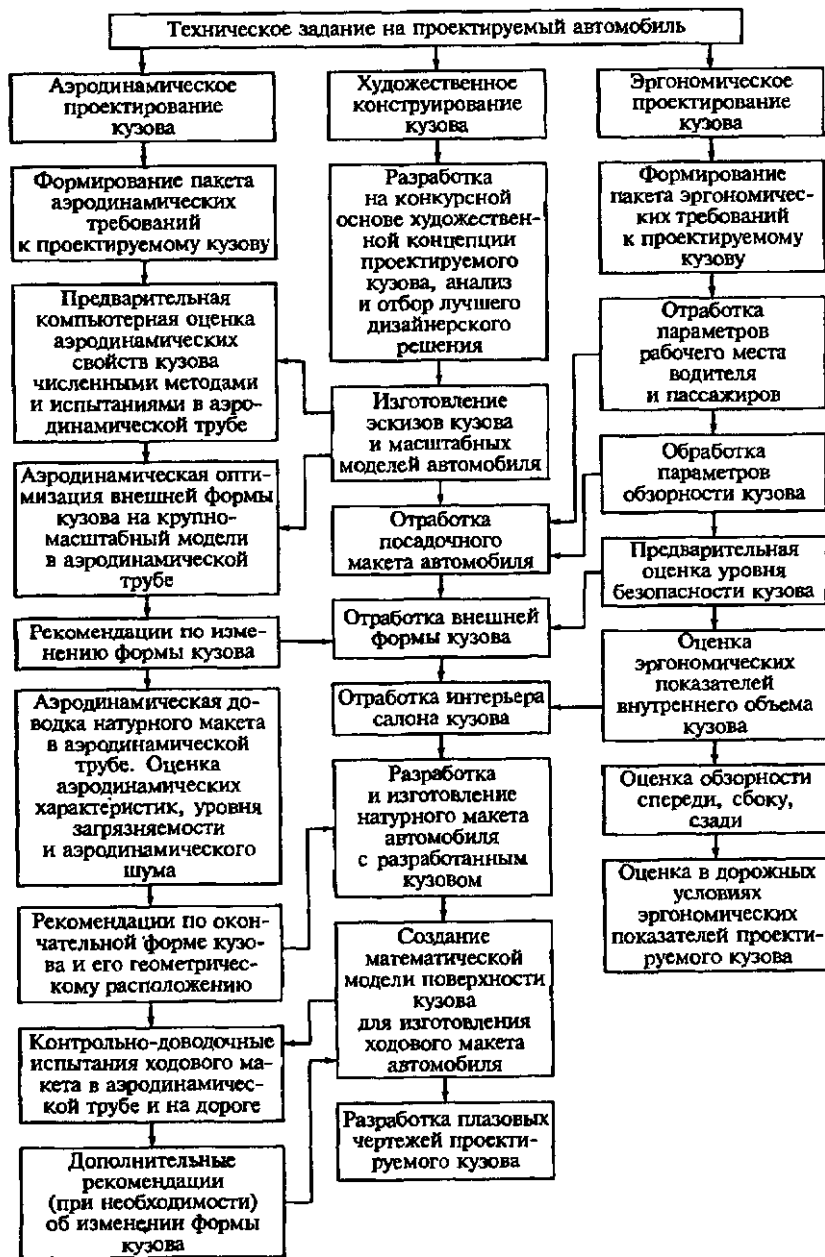


Рис. 5.2. Алгоритм формообразования автомобильного кузова



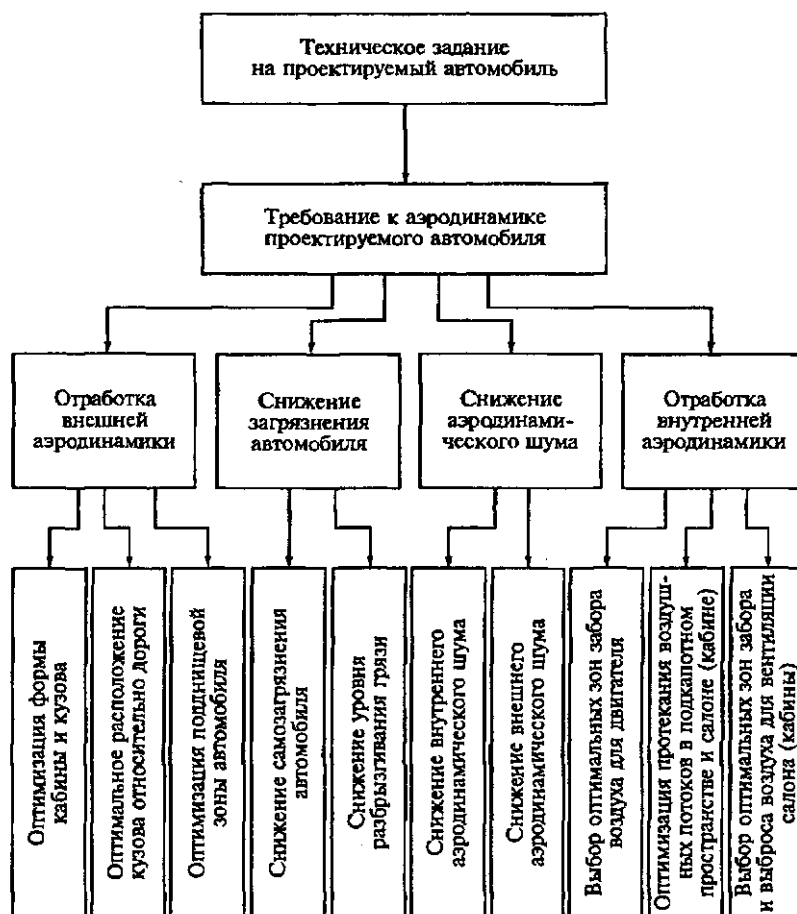
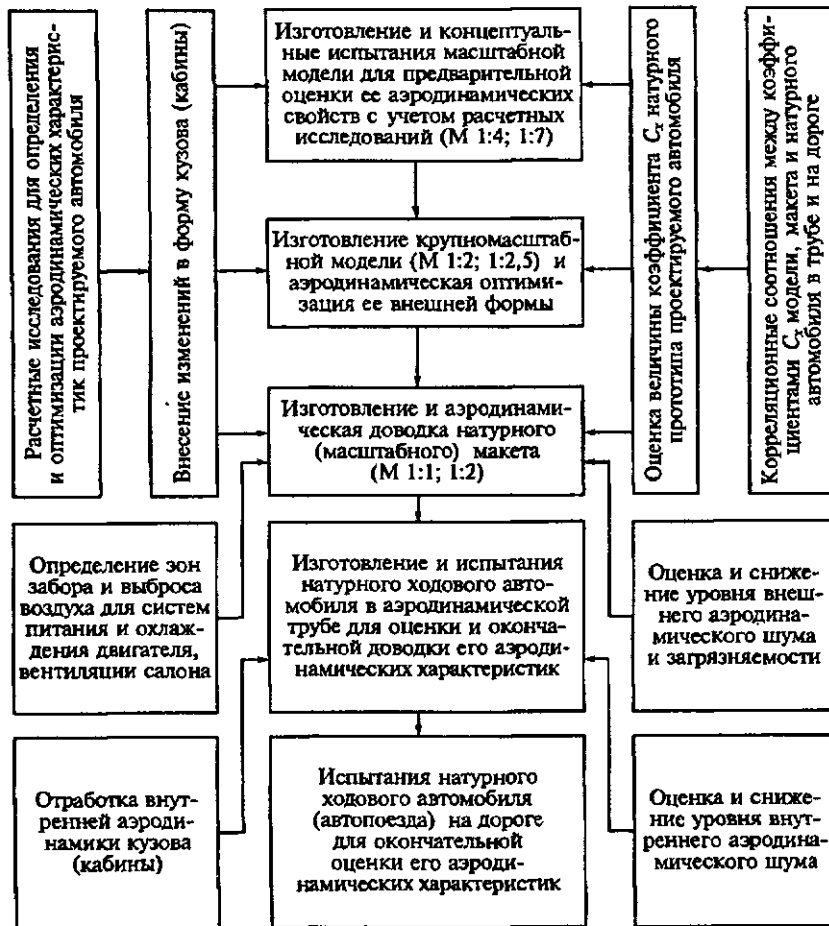


Рис. 5.3. Задачи аэродинамического проектирования автомобиля

Аэродинамическое проектирование в этом процессе занимает важное место и направлено на решение целого ряда задач (рис. 5.3).

Основным направлением аэродинамического проектирования является отработка внешней аэродинамики кузова, поскольку уровень его обтекаемости непосредственно влияет на топливную экономичность, динамику, безопасность транспортного средства. При этом отработка внешней аэродинамики имеет целью получение наилучших аэродинамических характеристик транспортного средства путем оптимизации формы кузова, его расположения



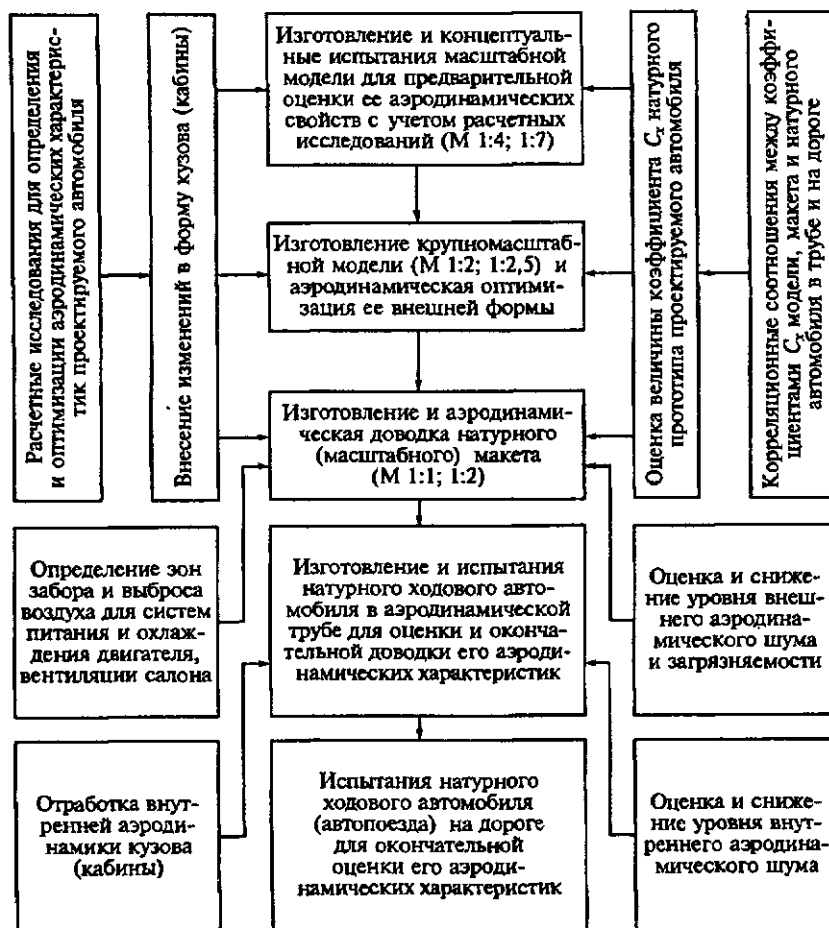


Рис. 5.4. Алгоритм аэродинамического проектирования автомобиля относительно поверхности дороги и улучшения обтекаемости отдельных конструктивных элементов.

На рис. 5.4. приведен алгоритм аэродинамического проектирования автомобиля.

### 5.3. Влияние аэродинамики на потребительские свойства колесной машины

Совершенствование аэродинамических характеристик скоростных автотранспортных средств позволяет заметно улучшить их технико-экономические показатели. Снижение коэффициента аэродинамического сопротивления обеспечивает повышение топливной экономичности и скоростных свойств АТС, а следовательно, и их производительности. Уменьшение коэффициента боковой и подъемной силы улучшает показатели управляемо-

сти и устойчивости автотранспортных средств. Оптимизация характера обтекания подднищевой зоны и кормовой части уменьшает аэродинамическое сопротивление АТС и уровень их загрязняемости, а также улучшает экологию окружающей среды.

Основной составляющей аэродинамического сопротивления автомобиля является сопротивление формы. Форма автомобильного кузова определяет величину и месторасположение зон повышенного и пониженного давления, а также источников вихреобразований при взаимодействии кузова с потоком воздуха. На образование и сход вихрей с поверхности кузова тратится значительное количество энергии, восполняемой двигателем автомобиля, потребляющим на это дополнительное количество топлива. Поэтому при создании высокообтекаемых кузовов необходимо устранить зоны повышенного и пониженного давления воздуха, а также отрывные течения и вихреобразования, обеспечив, по возможности, безотрывное обтекание кузова воздухом при движении автомобиля во всем диапазоне рабочих скоростей с учетом воздействия боковых ветров. Для этого при проектировании кузова особое внимание следует уделять отработке формы его носовой части, поскольку она наряду с кормовой определяет характер обтекания автомобиля воздухом. Обтекаемость носовой части кузова зависит от углов наклона облицовки радиатора, капота и ветрового стекла.

Помимо углов наклона облицовки радиатора, капота и ветрового стекла на обтекаемость носовой части кузова влияет степень закругления верхней и боковых фронтальных кромок капота. Если эти фронтальные кромки острые или закруглены малым радиусом, то при натекании воздушного потока за ними образуются отрывные течения, увеличивающие аэродинамическое сопротивление автомобиля. Закругление фронтальных кромок капота устраняет эти отрывные течения и улучшает обтекаемость носовой части кузова.

Наряду с носовой частью на обтекаемость автомобиля влияет форма кормовой части кузова. Форма задней панели кузова и угол ее наклона в совокупности с формой крыши оказывают решающее влияние на характер об-

текания воздушным потоком кормовой части автомобиля, структуру поля скоростей и давлений в следе за ним, определяя в значительной мере величину аэродинамического сопротивления автомобиля.

Основными направлениями и приемами совершенствования аэродинамики легковых автомобилей являются:

- увеличение углов наклона облицовки радиатора, крышки капота, ветрового стекла и радиусов закругления фронтальных кромок кузова, т.е. оптимизация контурного фактора за счет снижения удельного веса отрывных течений;

- придание передку автомобиля и его ветровому стеклу цилиндрической формы в плане;

- удаление с поверхности кузова всех выступающих элементов конструкции или их тщательная аэродинамическая отработка, в том числе выполнение заподлицо с кузовом остекления, устранение водостоков и т.д.;

- создание кузовов каплеобразной формы с безотрывным обтеканием;

- разработка систем организованного и дозированного забора и выброса воздуха для охлаждения радиатора и двигателя, а также вентиляции и охлаждения салона;

- применение гладкого днища с организацией безвихревого протекания воздушных потоков в подцищевой зоне;

- установка кузова с отрицательным углом тангажа в сочетании с оптимальным дорожным просветом, регулируемым в зависимости от условий движения автомобиля;

- тщательная герметизация мест соединения и касания панелей капота, дверей и крышки багажника с кузовом;

- оптимизация формы переднего бампера с переходом его в нижнюю панель и облицовку радиатора в совокупности с применением небольшого по высоте переднего спойлера;

- использование задних спойлеров;

- установка специальных аэродинамических колпаков на колесах и частичное перекрытие задних колес;

- разработка и применение специальных конструктивных элементов и решений по снижению загрязняемости, а также уровня аэродинамического шума автомобилей.

Наряду со снижением коэффициента  $C_x$  необходимо уменьшать площадь миделевого сечения  $F$  проектируемого автомобиля, поскольку затраты мощности и расход топлива на преодоление его аэродинамического сопротивления зависят от величины  $C_x F$ .

Возможности снижения аэродинамического сопротивления автобусов, учитывая их значительные лобовые площади, в сравнении с легковыми автомобилями существенно ниже.

Основными направлениями работ по снижению аэродинамических потерь и улучшению обтекаемости междугородных автобусов являются:

- отработка носовой части с увеличением радиусов закругления фронтальных кромок кузова;

устранение с лобовой панели зон забора воздуха для охлаждения двигателя, а также источников дополнительного сопротивления;

- повышение степени гладкости кузова с применением установленных заподлицо с ним приклеиваемых стекол;

- улучшение протекания потоков в подднищевой зоне путем тщательной отработки днища в сочетании с оптимизацией дорожного просвета и установкой кузова с отрицательным тангажом.

Среди всех конструктивных факторов, влияющих на аэродинамическое сопротивление автобусов, определяющим является форма лобовой части кузова в сочетании, как уже отмечалось, с величиной радиусов закругления его фронтальных кромок.

Оптимальными с точки зрения снижения аэродинамического сопротивления автобуса являются следующие соотношения радиуса  $R$  закругления и

ширины  $2r_k$  кузова: для верхней кромки  $0,04 < R/B_K < 0,08$ ; для боковых кромок  $0,06 < R/B_K < 0,1$ .

Основным направлением улучшения аэродинамики магистральных автопоездов является совершенствование их аэродинамических характеристик путем оптимизации влияющих на обтекаемость конструктивных параметров:

- отработка формы кабины в целом и ее лобовой панели с устранением находящихся на ней мелких выступающих элементов;
- уменьшение превышения кузова над кабиной;
- увеличение угла наклона лобового стекла кабины;
- применение укороченной, обтекаемой, высокой кабины с размещением в ее верхней части спального места водителя;
- использование гладких цельнометаллических кузовов и уменьшение количества находящихся на них мелких конструктивных элементов;
- увеличение радиуса закругления фронтальных кромок кабин (увеличенной высоты — до 75... 150 мм, высоких обтекаемых — до 150...450 мм);
- уменьшение расстояния между кабиной и кузовом (для седельных автопоездов) и между тягачом и прицепом (для прицепных) до минимально необходимого для обеспечения кинематики поворота автопоезда;
- оптимизация сочетания кабины и кузова с учетом их формы и взаимовлияния при работе в составе автопоезда;
- уменьшение расстояния от переднего буфера до дороги и использование элементов плоского днища на тягаче для снижения аэродинамических потерь в подднишевой зоне;
- отработка систем забора и выпуска воздуха для охлаждения двигателя и вентиляции кабины;
- улучшение характера обтекания кормовой части автопоезда для уменьшения зоны отрицательных давлений на задней стенке кузова и спутного следа за ним;

- применение вместо сдвоенных колес одинарных с широкопрофильными или низкопрофильными шинами, закрытых нижними боковыми щитками.

Среди перечисленных конструктивных мероприятия по совершенствованию аэродинамики магистральных автопоездов наиболее эффективным является улучшение обтекаемости их головной части, зависящей от типа и формы кабины.

Аэродинамическое устройство	Место установки устройства	Эффект, обеспечиваемый данным устройством
Верхний лобовой обтекатель	Крыша кабины	Устранение отрицательного влияния превышения кузова над кабиной и зазора между ними путем направления воздушного потока непосредственно на крышу и боковые стенки кузова
Фронтальные аэродинамические закрылки	Верхняя и боковые передние кромки кабины	Уменьшение отрывных течений и зон пониженного давления за передними верхней и боковыми кромками кабины
Нижний лобовой обтекатель	Передний бампер	Устранение отрывных течений за бампером, снижение расхода воздуха под тягачом, упорядочение воздушных потоков под ним и исключение их взаимодействия с выступающими элементами ходовой части и трансмиссии
Задние боковые закрылки на кабине	Задняя стенка кабины	Частичное перекрытие зазора между кабиной и кузовом для улучшения его обтекаемости и устранения отрицательного влияния бокового ветра
Верхний дефлектор кузова	Задняя кромка крыши кузова тягача	Уменьшение отрицательного влияния зазора между кузовами тягача и прицепа
Нижние боковые щитки	Ниже боковых стенок кузовов тягача и прицепа	Уменьшение сопротивления колесного движителя и отрицательного влияния бокового ветра на выступающие элементы ходовой части и трансмиссии
Задний обтекатель	Задняя стенка кузова	Уменьшение разрежения на задней стенке кузова и спутного следа за автопоездом

В настоящее время наблюдается тенденция к использованию на магистральных автопоездах кабин увеличенной высоты, имеющих существенно лучшие показатели обтекаемости, чем серийные низкие. Это объясняется более совершенной формой их лобовой панели, в том числе в плане, а также большими радиусами закругления фронтальных кромок. При этом закругле-



ние нижней фронтальной кромки достигается установкой нижнего обтекателя под передним буфером.

Высокая обтекаемая кабина при правильно спроектированной лобовой панели может иметь безотрывное обтекание, а поскольку такая кабина имеет одинаковую с кузовом ширину и высоту, то при минимизации зазора между ними создаются предпосылки для перетекания воздушного потока с поверхности кабины непосредственно на крышу и боковые стенки кузова. Высокая кабина обеспечивает заметное уменьшение аэродинамического сопротивления автопоезда по отношению к исходной низкой во всем диапазоне изменения угла натекания потока. При этом наибольшее снижение коэффициента  $C_x$  аэродинамического сопротивления автопоезда дает установка высокой кабины с эллиптической лобовой поверхностью и значительными радиусами закругления боковых фронтальных кромок.

Вторым направлением улучшения обтекаемости магистральных автопоездов является использование внешних аэродинамических устройств. Это может реализовываться при модернизации плохо обтекаемых серийных автопоездов.

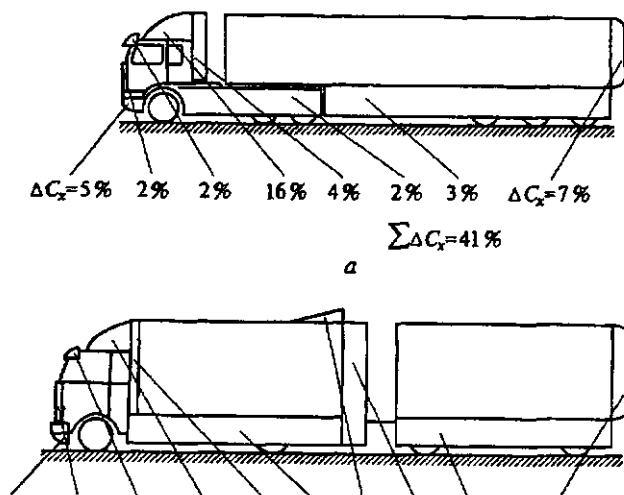
Установка навесных аэродинамических элементов позволяет без изменения основных формообразующих элементов кабины и кузова и без больших капиталовложений существенно улучшить аэродинамические характеристики магистральных автопоездов.

Эффективность применения внешних аэродинамических устройств определяется целесообразностью их установки на том или ином автопоезде, а также правильностью выбора типа и месторасположения устройства.

В табл. 5.2 приведен перечень рекомендуемых для использования на магистральных автопоездах навесных аэродинамических устройств и указан обеспечиваемый ими эффект в части улучшения обтекаемости кабины и кузова.

На рис. 5.5 показаны зоны установки навесных аэродинамических элементов на седельном и прицепном автопоездах, а также достигаемое при

этом снижение  $hC_x$  аэродинамического сопротивления. Установка комплектов навесных аэродинамических элементов на седельном и прицепном автопоездах снижает значение благодаря установке задних боковых щитков на кабине и кузове и нижних боковых щитков на тягаче и прицепе.



$\Delta C_x=5\%$  2% 2% 15% 2% 2% 5% 4% 2%  $\Delta C_x=6\%$

$Z_{AQ}=45\%$

*b*

Рис. 5.5. Схема установки аэродинамических устройств на седельном (*a*) и прицепном (*б*) автопоездах и достигаемое при этом снижение коэффициента аэродинамического сопротивления

Возможное снижение коэффициента  $C_x$  автопоездов седельного и прицепного типа за счет отработки их формы и применения внешних аэродинамических устройств показано на рис. 5.6.

Аэродинамическое сопротивление является одной из основных составляющих мощностного и топливного балансов скоростных автотранспортных средств. При этом доля затрат мощности и расхода топлива на преодоление аэродинамического сопротивления автомобиля зависит от его типа, степени

обтекаемости, лобовой площади, скорости движения, параметров атмосферы и натекающего воздушного потока.

При больших скоростях движения затраты мощности и топлива на преодоление аэродинамических потерь значительно возрастают и становятся преобладающими над остальными видами сопротивления движению автомобиля.

В табл. 5.3 приведен удельный вес аэродинамического сопротивления в общем сопротивлении движению легкового автомобиля и магистрального автопоезда различного уровня обтекаемости по бетонному шоссе с различными скоростями и соответствующих расходов топлива на их преодоление. Видно, что по мере улучшения обтекаемости и снижения коэффициента  $C_x$  расход топлива на преодоление аэродинамического сопротивления автомобиля уменьшается.

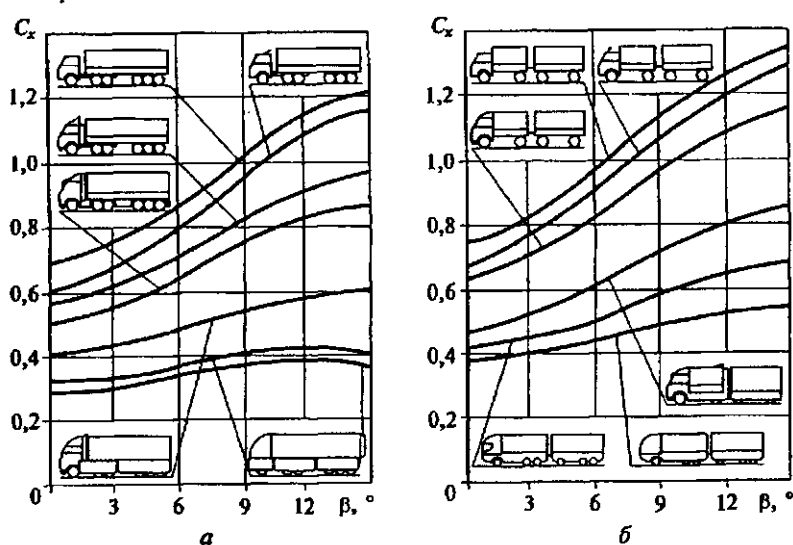


Рис. 5.6. Снижение коэффициента  $C_x$  седельного (а) и прицепного (б) автопоездов путем отработки формы и применения внешних аэродинамических устройств

По мере увеличения скорости аэродинамическое сопротивление автопоезда и расход топлива интенсивно возрастают.

На рис. 5.7 показано возможное снижение расхода жидкого топлива  $AQ_S$  благодаря увеличению в автомобильном парке страны числа автомоби-

лей и автопоездов со сниженным на 25 % аэродинамическим сопротивлением.

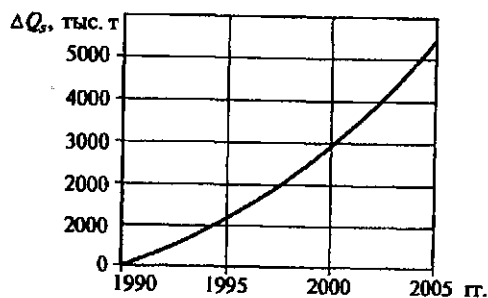
Снижение аэродинамического сопротивления позволяет повысить производительность АТС. Как известно, производительность АТС определяется количеством перевезенного груза в тоннах или выполненной транспортной работой в тонно(пассажиры)-километрах за единицу времени. Таким образом, повышение производительности обеспечивается как увеличением количества перевезенного груза (пассажиров), так и ростом скорости движения АТС.

Таблица 5.2

Удельный вес аэродинамического сопротивления и расходуемого на его преодоление топлива при различных значениях коэффициента  $C_x$  и скоростях движения, %

Исследуемый параметр	Скорость движения $V_a$ , км/ч				
	90	120	60	80	100
	Легковой переднеприводный автомобиль малого класса массой 0,9 т		Магистральный автопоезд массой 17 т		
Аэродинамическое сопротивление при $C_x$ : 0,45 (0,85)* 0,35 (0,60) 0,25 (0,45)	60	70	46	55	60
	57	66	39	48	56
	49	58	34	41	46
Расход топлива на преодоление аэродинамического сопротивления при $C_x$ : 0,45 (0,85) 0,35 (0,60) 0,25 (0,45)	46	58	36	48	53
	41	52	31	40	48
	33	44	22	30	32

\* В скобках указаны значения коэффициента аэродинамического сопротивления  $C_x$  для магистрального автопоезда.



Снижение аэродинамического сопротивления наряду с экономией топлива позволяет повысить скоростные и динамические качества АТС, влияющие на производительность и среднюю техническую скорость движения, которая в свою очередь зависит от их максимальной скорости. Так как снижение аэродинамического сопротивления позволяет существенно повысить максимальную скорость АТС, то возрастает и их производительность.

Улучшение обтекаемости кабины и кузова способствует повышению безопасности и экологичности автомобилей и автопоездов.

Важным вопросом является снижение загрязняемости автомобилей и автопоездов и их вредного воздействия на окружающую среду.

Магистральные автопоезда, двигаясь по влажным автотрассам с высокими скоростями, интенсивно загрязняются сами и создают вокруг себя значительные по протяженности вихревые структуры, насыщенные грязеводяной суспензией, которая, осаждаясь на обочинах, загрязняет окружающую среду. Кроме того, отмеченные явления ухудшают обзорность с рабочего места водителей автотранспортных средств, двигающихся в транспортном потоке, что снижает безопасность движения.

Основные причины этих явлений: наличие большого числа незакрытых вращающихся колес, повышенное давление в подднищевой зоне и пониженное на крыше кузова и кабины, а также значительный спутный след, образующийся за автопоездом. Открытые колеса разбрызгивают значительный объем грязеводяной суспензии, часть которой в виде мелкодисперсной влажной пыли поднимается и распространяется по обеим сторонам автопоезда, затрудняя его обгон и загрязняя окружающую среду. Другая часть подхватывается и увлекается поперечными кольцевыми вихрями, индуцированными разностью давлений на днище и крыше, на боковые стенки кабины и кузова. Наконец, отбрасываемые задними колесами частицы воды и грязи, соединяясь с двигающейся по бокам автопоезда массой загрязненного воздуха, попадают в образующийся за кузовом из-за разрежения на его задней стенке вих-

ревой спутный след, интенсивно загрязняя ее,двигающийся сзади автотранспорт и прилегающую к шоссе территорию.

Учитывая повышенный интерес к вопросам безопасности движения и экологии окружающей среды, в настоящее время во многих странах проблемы уменьшения разбрызгивания и загрязняемости автотранспортных средств решаются законодательным путем.

Так, в Великобритании и ряде стран ЕЭС магистральные автопоезда должны оборудоваться специальными брызговиками, удерживающими отбрасываемую колесами воду и грязь. Применяются глубокие брызговики, охватывающие колеса по их периметру и боковинам таким образом, что степень перекрытия равна высоте профиля шины. Внутренняя поверхность таких брызговиков покрывается специальным брызгоудерживающим материалом, так называемой «полиэтиленовой щетиной», имеющей игольчатую внутреннюю поверхность. При ударе увлекаемой колесами воды об эти синтетические иголки они поглощают ее кинетическую энергию и препятствуют брызгообразованию и выбрасыванию воды из брызговика, заставляя ее стекать вниз — на поверхность дороги.

Заметное влияние на экологичность и эргономичность автомобиля оказывает аэродинамический шум, причиной возникновения которого являются отрывные течения, возникающие за острыми фронтальными кромками кабины и кузова. Аэродинамический шум, так же как и общий шум, создаваемый при движении АТС, подразделяется на внутренний, замеряемый в кабине (салоне) водителя, и внешний. Внутренний шум определяет комфортность условий работы водителя и относится к числу эргономических факторов, влияющих на безопасность движения. Внешний шум определяет степень воздействия двигающегося АТС на окружающую среду и является экологическим фактором.

Основными источниками шума при движении АТС являются: двигатель, его система питания, забор воздуха и выброса отработавших газов; трансмиссия; шины; поверхность кузова.

Общий внутренний шум движущегося АТС состоит из трех основных составляющих: остаточного, аспираторного и аэродинамического.

*Остаточный шум* — это внутренний шум, создаваемый двигателем, системой выпуска отработавших газов, вспомогательным оборудованием, трансмиссией, шинами и зависящий только от скорости движения самого АТС. Поэтому остаточный шум при заданной скорости движения и любой скорости натекающего воздушного потока, вызванной наличием ветра, остается постоянным, т. е. не зависит от скорости натекания воздушного потока.

*Аспираторный шум* — это часть общего шума в кабине (салоне) АТС, возникающего из-за проникновения воздуха сквозь некачественные уплотнения окон и дверей внутрь кабины (салона) или выходом за ее пределы. Эта часть шума определяется при двух состояниях уплотнений окон и дверей кабины (салона): стандартном и герметизированном. Разница между значениями уровней шума для указанных типов уплотнений и составит величину аспираторного шума.

*Аэродинамический шум* — это разность между общим шумом и остаточным и аспираторным. В отличие от остаточного, величина аэродинамического шума зависит от скорости натекания воздушного потока. Исследованиями установлено, что интенсивность аэродинамического шума является функцией скоростного напора  $q = \rho V^2/2$  в степени 2,75.

В целом имеется три основных источника возникновения аэродинамического шума в салоне: местный отрыв воздушного потока от поверхности кузова; «громыхание», возникающее при открытых боковых стеклах или люке крыши, при этом столб воздуха внутри автомобиля возбуждается внешним потоком и салон становится резонатором; перетекание воздуха из-за недостаточного уплотнения дверных проемов, а также крышек капота и багажника.

Источником аэродинамических шумов кроме самого салона и кузова являются и другие системы и элементы автомобиля (вентиляторы, воздухозаборные и вытяжные отверстия, шины) из-за их неоптимальной с точки зре-

ния обтекаемости формы и наличия острых фронтальных кромок и дополнительных элементов на их поверхности.

Для снижения уровня внешнего и внутреннего аэродинамического шума необходимо улучшать обтекаемость автомобиля путем отработки формы кузова (кабины) и увеличения радиуса закругления их фронтальных кромок.

## **ГЛАВА 6 СИСТЕМА «ЧЕЛОВЕК—МАШИНА—ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА»**

### **6.1. Общие сведения**

*Система* (от греч. *systema*— целое, соединенное из частей; соединение) — множество элементов, находящихся в отношениях и связях друг с другом, образующих определенную целостность, единство.

Движение автомобиля или трактора по дороге или какой-либо другой местности можно рассматривать как функционирование системы «человек—машина—окружающая среда». Функционирование этой системы рассмотрим на примере движения автомобиля по дороге, что представляется системой «водитель—автомобиль— дорога—среда», которую обычно обозначают аббревиатурой ВАДС. Трактор, как транспортное средство, при его движении по дороге является полноправным компонентом системы ВАДС, а при работе в качестве технологической единицы входит в другую систему, которая нами не рассматривается в связи с весьма большим разнообразием технологических применений различных тракторов.

Любой системный объект в наиболее общем виде обладает следующими свойствами:

- объект создается ради определенной цели и в процессе достижения этой цели функционирует и развивается (изменяется). Целью системы ВАДС является перевозка пассажиров и грузов, при этом происходят процессы движения, управления, технического обслуживания, ремонта и др.;



- в составе системного объекта имеется источник энергии и материалов для его функционирования и развития. Автомобиль имеет двигатель, он заправляется топливом и другими эксплуатационными материалами, водитель питается, дорога обрабатывается антиобледенительными составами;

- системный объект — управляемая система, в нашем случае для этого имеется водитель, который пользуется информацией о дорожной обстановке, дорожной разметке, дорожных знаках и другой информацией;

- объект состоит из взаимосвязанных компонентов, выполняющих определенные функции в его составе;

- свойства системного объекта не исчерпываются суммой свойств его компонентов.

Все компоненты системы ВАДС при их совместном функционировании обладают новым свойством, которое отсутствует у каждого входящего в систему компонента.

Каждый из компонентов системы ВАДС может рассматриваться как система более низкого уровня. Таким образом, система обладает иерархией (от греч. *hieros*— священный и *arche* — власть), т.е. расположением частей целого в порядке от высшего к низшему. В свою очередь, система ВАДС входит в систему или системы более высокого уровня: транспортные системы региона, страны, мира, которые включают также другие средства транспорта (железнодорожного, водного, авиационного).

Нарушения в работе каждого из компонентов системы ВАДС приводят к снижению ее эффективности (уменьшению скорости движения, немотивированным остановкам, увеличению расхода

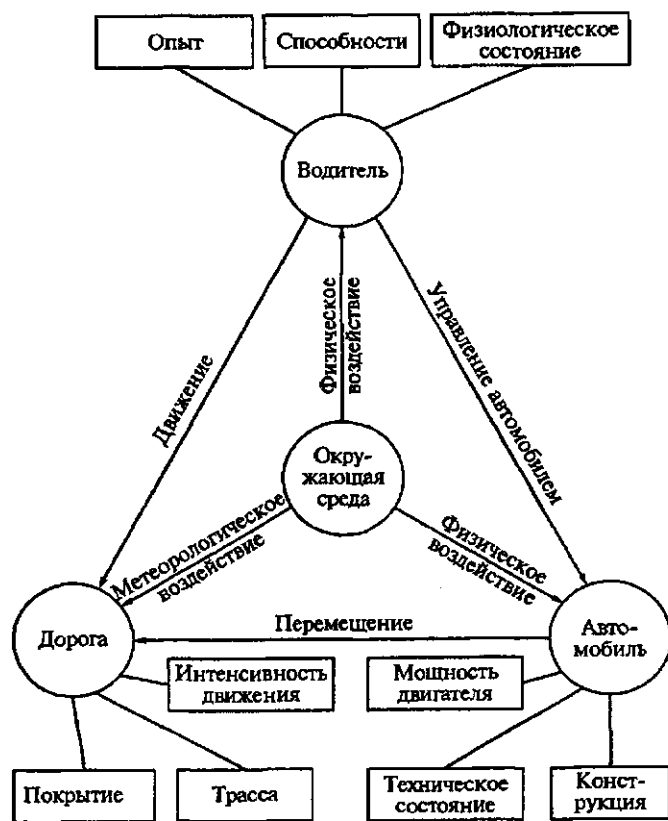


Рис. 6.1. Схема системы «водитель—автомобиль—дорога—среда»