

*И.С. Степанов, А.Н.Евграфов, А.Л. Карунин,
В.В. Ломакин, В.М. Шарипов*

АВТОМОБИЛИ И ТРАКТОРЫ ОСНОВЫ ЭРГОНОМИКИ И ДИЗАЙНА

*Под общ. редакцией
д-ра техн. наук, проф. В. М. Шарипова*

*Рекомендовано УМО по автотракторному и дорожному образованию
в качестве учебника для студентов высших учебных заведений,
обучающихся по специальности “Автомобиле- и тракторостроение”
направления подготовки дипломированных специалистов
“Транспортные машины и транспортно-технологические
комплексы”*

МОСКВА
МГТУ “МАМИ”
2002

Авторы:

И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А.Л. Карунин, В.В. Ломакин,
В.М. Шарипов

Рецензенты: кафедра **“Тягачей и амфибийных машин”** Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета); д-р техн. наук, проф. **Г. И. Гладов**

Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна: Учебник для студентов вузов/ И.С. Степанов, А.Н. Евграфов, А. Л. Карунин, В.В. Ломакин, В.М. Шарипов; Под общ. ред. В.М. Шарипова. – М.: МГТУ “МАМИ”, 2002. - 230 с.

Рассмотрены принципы антропометрии, основы компоновки рабочего места водителя и посадочных мест пассажиров. Излагаются принципы построения рабочей среды водителя и внутреннего объема кузова или кабины с учетом требований активной и пассивной безопасности, сообщаются сведения об аэродинамике машин и основных законах дизайнерских решений по экстерьеру и интерьеру объектов проектирования.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности **“Автомобиле- и тракторостроение”** направления подготовки дипломированных специалистов **“Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы”**. Может быть полезен для инженерно-технических работников, занимающихся разработкой новых и модернизацией существующих моделей автомобилей и тракторов.

© Степанов И.С., Евграфов А.Н., Карунин А.Л.,
Ломакин В.В., Шарипов В.М., 2002

© МГТУ “МАМИ”, 2002

ПРЕДИСЛОВИЕ

Опыт подготовки специалистов в области автомобиле- и тракторостроения показал, что инженеры, успешно окончившие вуз по этой специальности, имеют достаточные знания, позволяющие им квалифицированно создавать агрегаты машин и разрабатывать общую компоновку их механической части (шасси). Однако при этом отмечено, что они испытывают определенные затруднения, когда приходится создавать машину в целом. Для этого им не хватает общего технического кругозора. Ранее в вузах преподавалась дисциплина «Основы художественного конструирования», которая не давала достаточных сведений, для создания машины в целом. Ощущалась необходимость в создании учебной дисциплины, которая позволила бы специалисту взглянуть на разрабатываемый объект с точки зрения главного конструктора, отвечающего за общую компоновку машины, за удобство и безопасность работы людей с этой машиной. Так, в новом Государственном образовательном стандарте для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности «Автомобиле- и тракторостроение» направления подготовки дипломированных специалистов «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы» появилась разработанная проф. И.С. Степановым дисциплина «Основы эргономики и дизайна автомобилей и тракторов», в которой автомобиль или трактор рассматриваются как часть человеко-машинной системы.

Дисциплина доказала свою полезность, накоплен определенный опыт в ее преподавании. Назрела настоятельная необходимость создания единого учебника по данной дисциплине. Учебник должен внести в преподавание дисциплины общее организующее, стандартизирующее начало, дать студентам необходимую информацию по каждому из разделов учебной программы и, что особенно важно, научить их системному подходу к созданию любых машин, механизмов, инструментов и иных объектов, с которыми человек соприкасается на производстве и в быту. Последнее представляется особенно значимым, потому что в современных условиях специалист должен быть готов к работе в любой области, которая, возможно, и не определяется специальностью, обозначенной в его дипломе о высшем техническом образовании. Таким образом, при написании учебника решалась более широкая задача – дать студенту, кроме конкретных сведений, касающихся автомобилей и тракторов, более общую информацию по эргономике и дизайну, которую он сможет использовать в тех областях деятельности, в которых ему придется работать после окончания вуза.

С учетом целей, достижение которых должен обеспечить учебник, был сформирован авторский коллектив.

Предисловие написано В. М. Шариповым, введение, главы 1, 2, 3, 6 и раздел 4.2 главы 4 - И.С. Степановым, глава 5 и раздел 4.1 главы 4 – А.И. Евграфовым, глава 7 - И.С. Степановым и А.Л. Каруниным, глава 8 и разделы 9.1, 9.2 и 9.4 главы 9 – В. В. Ломакиным, раздел 9.3 главы 9 - В.В. Ломакиным и В.М. Шариповым.

Авторы с благодарностью примут все критические замечания и пожелания по учебнику, которые будут отмечены читателями.

ВВЕДЕНИЕ

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

Эргономика (от греческого «*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 человеко-машинных 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 психологическими и физиологическими характеристиками человека.

Эргономика – это комплексная наука, она базируется на физиологии, биологии, медицине, психологии, биомеханике, промышленной гигиене, нейрофизиологии, антропометрии и других науках о человеке. В данной книге, с учетом приложения эргономики к определенным промышленным изделиям, нас будет интересовать, прежде всего, антропометрия, инженерная психология, хиротехника.

Антропометрия занимается изучением размеров и формы человеческого тела и его составных частей, исследует направления и пределы движений 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 ручьятками, кнопками, включателями и другими элементами машин, приборов и иных промышленных изделий.

Второе определяющее слово в названии этой книги и соответствующей дисциплины – дизайн.

Дизайн (от англ. «*design*» – замысел, проект, чертеж, рисунок) – термин, обозначающий различные виды проектировочной деятельности, имею-

щей 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.

Деятельность различных специалистов, принимающих участие в разработке конструкции изделия, можно разделить на две категории – техническое конструирование и эвристическую 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).

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

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 усилиях на них, в хорошей обзорности и многом-многом другом. 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, и проявляется в ее себестоимости (и цене). Во-вторых, в сфере эксплуатации. Эксплуатационные расходы складываются из затрат на эксплуатационные материалы, прежде всего топливо, и из затрат на техническое обслуживание. Очевидно, что при улучшении обтекаемости (аэродинамики) легкового автомобиля или автопоезда расход горючего снизится, 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 легковой автомобиль в известной мере является законодателем моды, существует также и несомненное влияние моды на автомобиль. Взаимное влияние автомобиля на моду и моды на автомобиль является также и социальным фактором.

Настоящая книга, как это следует из ее названия, посвящена основам эргономики и дизайна автомобиля и трактора. Каждое из этих двух неразрывно связанных между собой направлений деятельности создателей техники, конечно, требует глубокого изучения. Основная задача книги – дать инженеру-конструктору и дизайнеру представление об общей идеологии компоновки внутреннего пространства кузова и кабины с учетом антропометрических характеристик, удобного и безопасного взаимодействия человека и машины, минимизации воздействия отрицательных факторов. В книге изложены основы аэродинамики автомобиля и трактора, общие принципы обеспечения конструктивной безопасности, методы разработки внешних форм кузовов и кабин и их интерьера, дается представление о системе «водитель-автомобиль - дорога - среда». Материал книги изложен последовательно, с учетом содержания дисциплины, но любой раздел, в случае интереса к определенной теме, можно изучать независимо от других, заглядывая в эти другие разделы лишь в тех случаях, когда это вызвано необходимостью.

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 конструктор, занимающийся проектированием автомобиля или трактора, стоит перед весьма непростой задачей.

Казалось бы, можно просто 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 количество 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 люди, размеры которых отличаются от средних – а их большинство, – будут недовольны конструктором.

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 греческих слов «антропос» - человек и «...метрия» - измерение). Поскольку все люди различны, в антропометрии применяются статистические методы. Размеры тела человека и его отдельных частей определяются антропометрическими характеристиками (АХ).

А н т р о п о м е т р и ч е с к а я х а р а к т е р и с т и к а – это величина, измеряемая в линейных, угловых единицах или единицах по массе, соответствующая размерным характеристикам и характеристикам по массе частей человеческого тела и взаимному их расположению. Антропометрическими характеристиками являются, например, рост человека, окружность головы, длина голени, масса тела, углы вращения в суставах и т.д.

Антропометрические характеристики являются случайными величинами, подчиняющимися нормальному закону распределения. График, изображающий нормальный закон распределения случайной величины, представлен на рис. 1.1. По оси абсцисс откладывается значение случайной величины x (применительно к нашему случаю – числовое значение антропо-

метрической 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 σ 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 $\pm 3\sigma$ – 99,73%.

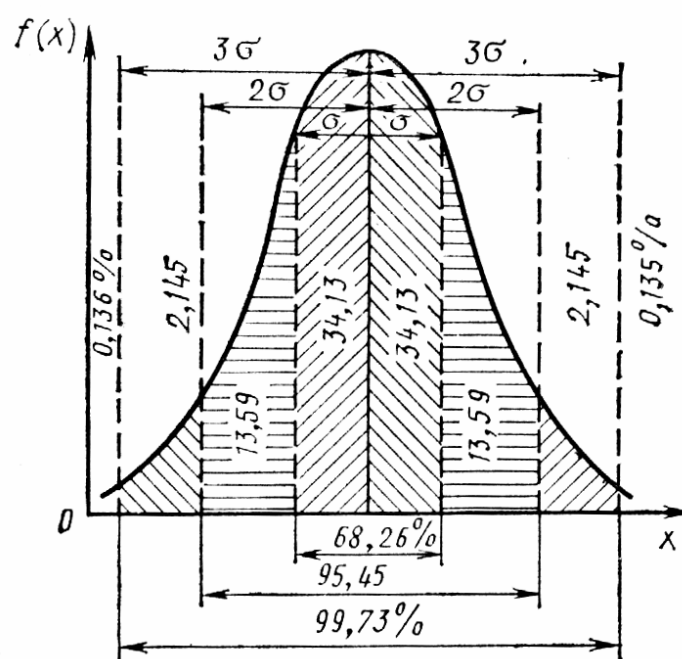


Рис. 1.1. График нормального закона распределения случайной величины

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 (см. рис. 1.1), разделить на 100 равных частей (процентов), то получится соответствующее число перцентилей. Каждый из них имеет порядковый номер. На долю первого перцентиля приходится 1% всех результатов наблюдений (наименьшее значение антропометрической характеристики), на долю второго – 2% результатов наблюдений (значение антропометриче-

ской характеристики несколько больше) и т.д. Пятидесятый перцентиль при нормальном законе распределения 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. Производим 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» (см. рис. 1.2).

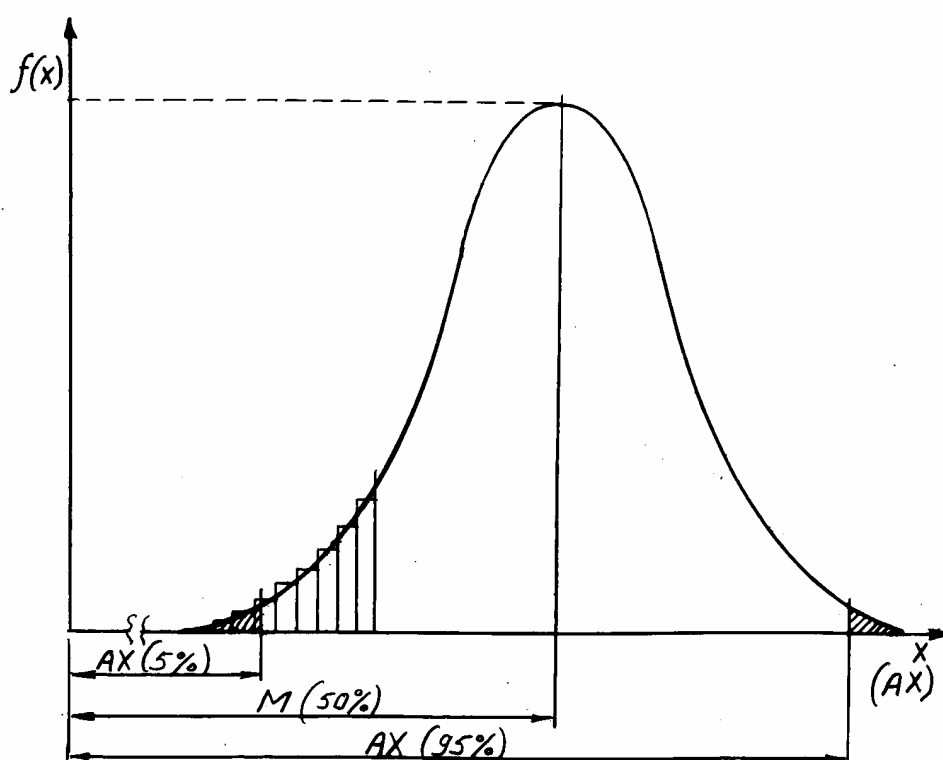


Рис. 1.2. Построение кривой распределения значений антропометрической характеристики

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, отступя 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 3, и, 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 количество одинаковых значений роста (с вы-

бранной нами точностью 1 см) вначале увеличивается, а затем, после роста 170 см, начинает убывать и, наконец, отметив один случай роста 195 см, заметим, что следующего столбика уже нет. 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 рис. 1.1. В реальности получить бесконечно большое число замеров нельзя, но существуют математические методы, позволяющие при ограниченном количестве измерений получить достоверную плавную кривую распределения. Она показана на рис. 1.2. 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 пятидесятому 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 заданной величине.

Теперь на нашем графике (рис. 1.2) отметим величину, соответствующую 5% всех обмеренных студентов. Рост, меньший или равный полученному (предположим, в нашем случае это 151 см) соответствует пятому перцентилю или 5%-ному уровню репрезентативности. Он показан на графике. Таким же образом получим рост, соответствующий 95%-ному уровню репрезентативности или девяносто пятому перцентилю. Предположим, в нашем случае это 189 см, что также показано на графике.

Итак, если мы говорим, «пятый перцентиль» или «5%-ый уровень репрезентативности», это означает, что 5% людей имеют антропометрические характеристики такие или меньшие. 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 пятидесятому перцентилю (50%-му 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 – могло удобно располагаться на рабочем месте, оставшиеся 5% самых малых или 5% самых больших 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 пятому (или десятому) и девяносто

пятому перцентилю (5%-ному и 95%-ному уровням репрезентативности). Некоторые размеры кабины проверяются применительно к пятидесятому перцентилю (50%-ному уровню репрезентативности).

В табл. 1.1 приведены данные, позволяющие определить процент людей, размерам которых будет удовлетворять данная компоновка рабочего места оператора (водителя).

Таблица 1.1

Количество людей, размеры которых содержатся в выбранном интервале антропометрических характеристик

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

Антропометрические характеристики можно условно разделить на статические и динамические. Условно – потому что все антропометрические характеристики определяются в статике, при неизменной позе обследуемого. В дальнейшем 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. Условная классификация антропометрических характеристик показана на рис. 1.3.

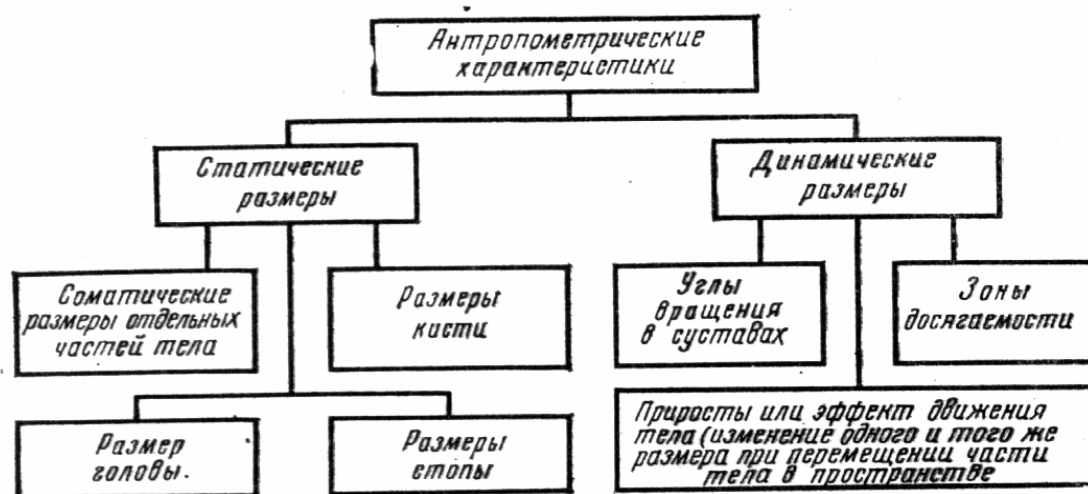


Рис. 1.3. Условная классификация антропометрических характеристик

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 рис. 1.4 изображены основные размеры антропометрических характеристик тела человека, а в табл. 1.2 приведены числовые значения этих антропометрических характеристик и указаны области их применения.

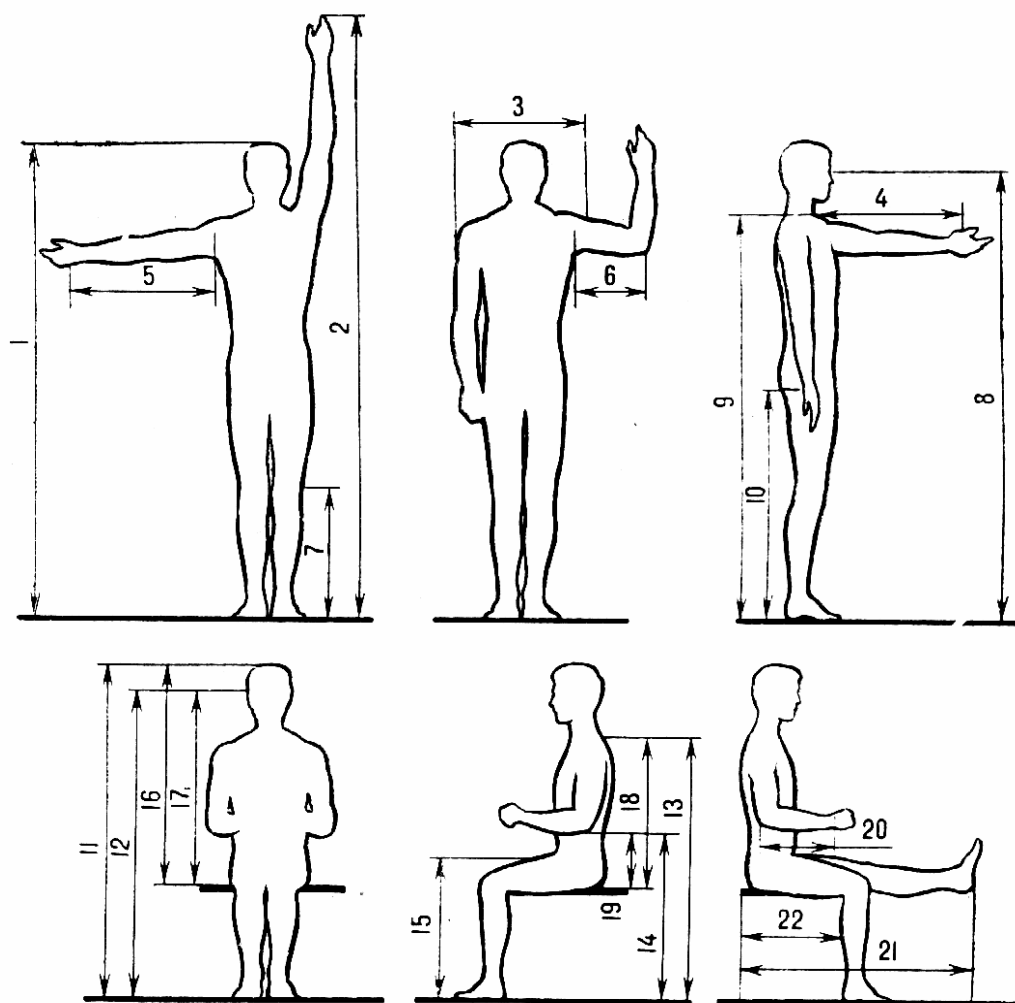


Рис. 1.4. Основные размеры тела человека
(номера частей тела в табл. 1.2)

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>σ</i>	<i>М</i>	<i>σ</i>	
Рабочая поза – стоя					
Длина тела (рост) (1)	167,8	5,8	156,7	5,7	Определение высоты оборудования, высоты пассажирского салона автобуса
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 расположения рабочей зоны и органов управления
Длина ноги (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

Продолжение табл. 1.2

Антропометрическая характеристика (см. рис. 1.4)	Размеры, см				Область применения
	Мужчины		Женщины		
	<i>M</i>	<i>σ</i>	<i>M</i>	<i>σ</i>	
Р а б о ч а я п о з а – с и д я					
Длина тела (11)	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 (13)	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 (15)	50,6	2,4	46,7	2,4	Высота сиденья
Длина части тела от сиденья (16)	88,7	3,1	84,1	3,0	Высота кабины
Высота глаз от сиденья (17)	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 (19)	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

Числовые значения антропометрических характеристик используются следующим образом. Предположим, что требуется определить внешнюю ширину плеч (назовем ее «*A*») для манекена мужчины 95-го перцентиля. Для этого к математическому ожиданию *M* внешней ширины плеч мужчины из табл. 1.2 (она равна 44,6 см) следует прибавить среднеквадратичное отклонение σ ($\sigma = 2,2$) с соответствующим коэффициентом из табл. 1.1 (для 95-го перцентиля этот коэффициент равен 1,65). В результате получим

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

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

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

При компоновке рабочего места оператора необходимо учитывать увеличение размеров тела, связанные с одеждой. Водитель может быть одет в легкую или теплую одежду, при этом увеличение размеров тела, естественно, будет разным. Поправки на одежду и обувь для некоторых размеров тела приведены в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Поправки на одежду и обувь для некоторых размеров тела

Антропометрическая характеристика	Увеличение на одежду, мм	
	Легкую	Теплую
Высота плеч в положении стоя	30	49,5 и более
Рост в положении сидя (головной убор учесть дополнительно)	—	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 и более
Длина руки (вместе с мышцами спины)	7,5	12,5 (с перчатками)
Длина плеча	5,0	25,0
Ширина плеч	7,5	37,5
Длина предплечья с кистью	5,0	20...25 (с перчатками)
Ширина локтей	12,5	100...125
Ширина ладони на уровне запястья (в перчатках)	—	5...10 (при рукавицах больше)
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 и более
Ширина коленей	12,5	50,0
Длина стопы	30,0	30,0

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

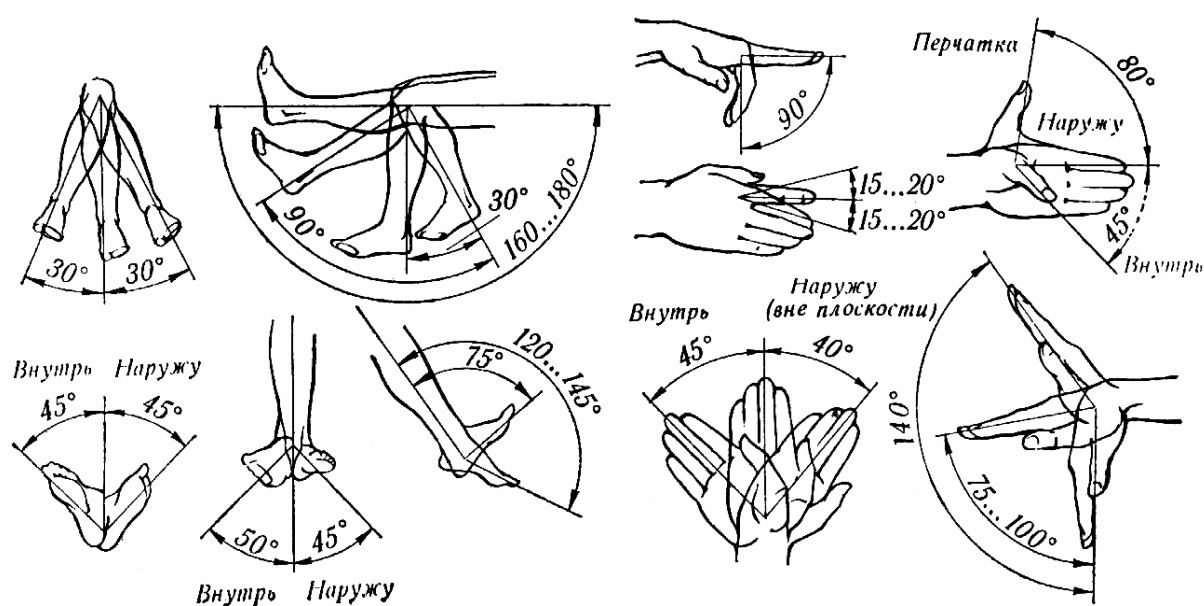


Рис. 1.5. Амплитуды движений некоторых частей тела

Таблица 1.4

Амплитуда движений различных частей тела

Часть тела	Характер движения	Угол поворота, град	
		Среднее значение M	Разброс $M \pm \sigma$
Рука, сжимающая цилиндр	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 кулак	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	73	53–86
	Поворот головы влево	72	55–86
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

Помимо кинематических характеристик движений человека, большое значение имеют временные характеристики, т.е. время, которое проходит от получения человеком-оператором сигнала (скажем – отклонение стрелки какого-либо прибора на панели) до приведения в действие соответствующего органа управления. Определить это время можно, например, 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 период (скрытый период) – время от момента возникновения какого-либо раздражителя на организм до появления ответной реакции.

Значения латентного периода для простой двигательной реакции:

<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...1600
Вкусовой (соленое, горькое, кислое)	310...1080
Болевой (укол)	130...890

Латентный период реакции на сигналы светофора указан в табл. 1.5.

Таблица 1.5

Латентный период (скрытый период) реакции на сигналы светофора

Сигнал	Статистические параметры, с	
	Математическое ожидание M	Среднеквадратическое отклонение σ
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,
- 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 конструктор в большинстве случаев старается свести его к минимуму.

Более быстрые движения совершаются: 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.

Конкретное время движений:

- | | |
|---------------------|---------|
| - движение пальцами | 0,17 с |
| - движение ладонью | 0,33 с |
| - нажатие на педаль | 0,72 с. |

При повышении точности движений время увеличивается.

Приведенная информация относительно времени реакции человека относится к 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 рис. 1.6 приведены углы зрения, достижимые с учетом поворота головы в сторону взгляда (осредненные значения углов поворота головы приведены в табл. 1.4).

На рис. 1.7 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.

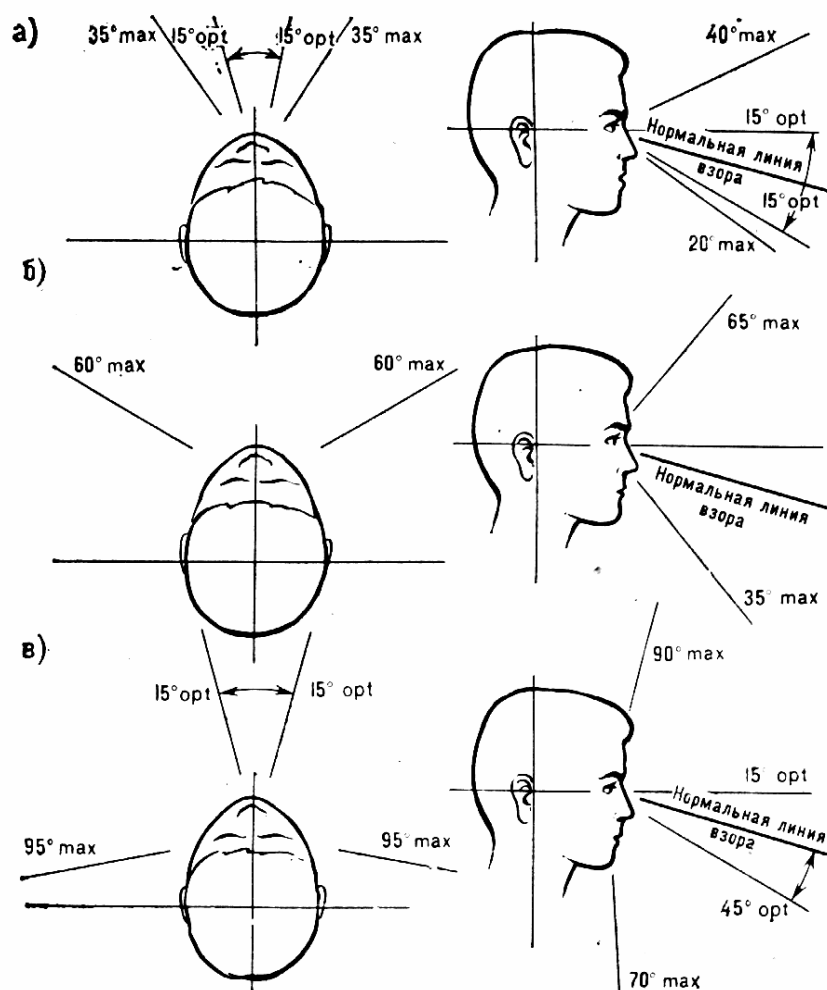


Рис. 1.6. Зоны видимости в вертикальной и горизонтальной плоскостях при повороте:
 а – только глаз; б – головы; в – головы и глаз

Зоны видимости, представленные на рис. 1.6 и рис. 1.7, 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 периферическое зрение более чувствительно к слабым и движущимся световым сигналам. 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° вверх-вниз и вправо-влево от нормальной линии взгляда.

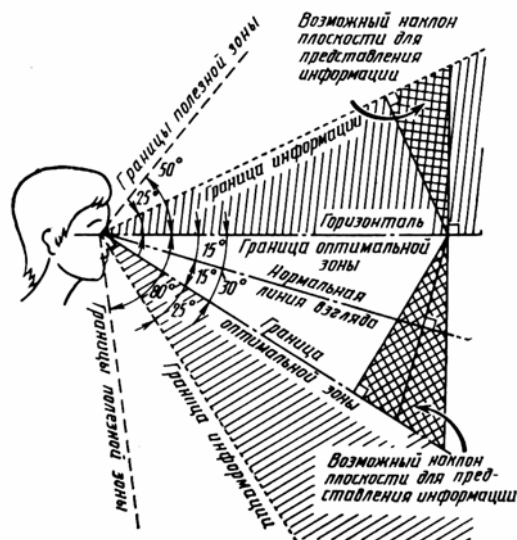


Рис. 1.7. Зоны видимости в сагиттальной (продольной) плоскости

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 рис. 1.8. При работе в положении «стоя» пределы зон досягаемости увеличиваются на 100...200 мм, потому что оператор может в более широких пределах перемещать корпус.

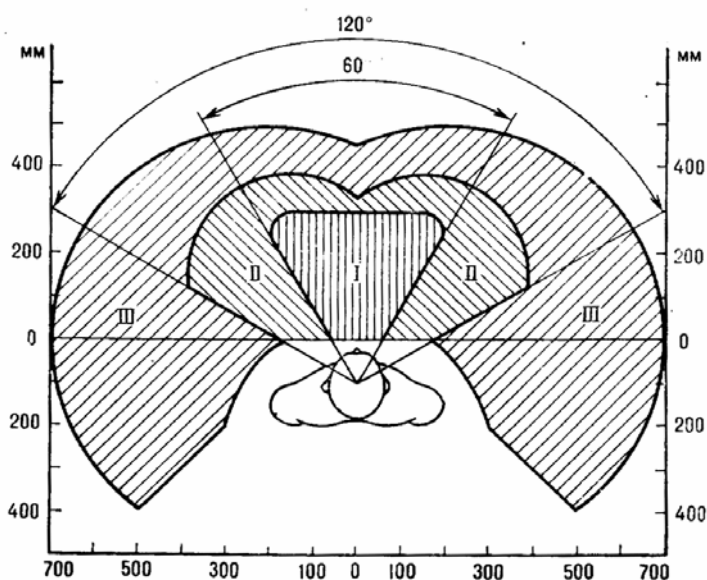


Рис. 1.8. Зоны рационального размещения органов управления (зоны досягаемости) в горизонтальной плоскости:

I – оптимальная зона; *II* – зона легкой досягаемости; *III* – зона досягаемости

Важным параметром является высота рабочей поверхности, на которой находятся основные предметы труда или органы управления. Рекомендуемая высота рабочей поверхности для разных видов работ показана на рис. 1.9.

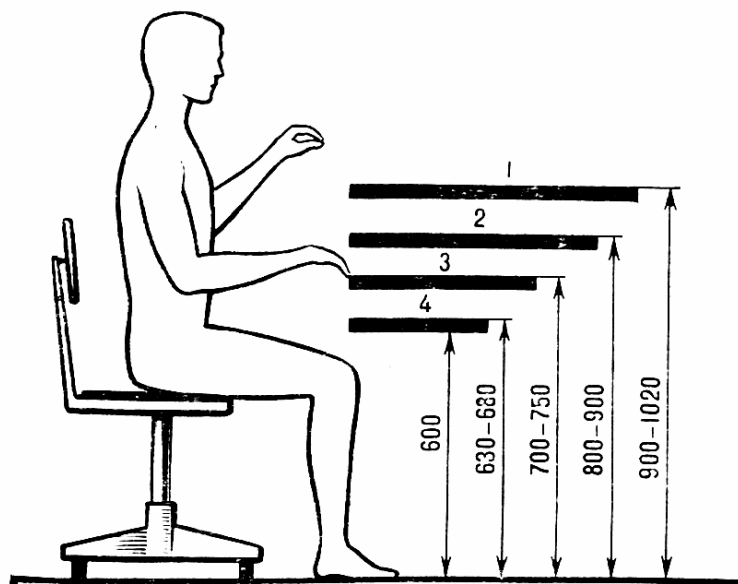


Рис. 1.9. Рекомендуемая высота рабочей поверхности для разных видов и точности работы:

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. Напротив, 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 небольшими 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.

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 заметно 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, можно выделить так называемые габаритные характеристики. К ним относятся наибольшие наружные 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 рис. 1.10 и в табл. 1.6.

Таблица 1.6

Рекомендуемые размеры рабочих кресел, мм

Обозначения на рис. 1.10	Показатель	ГОСТ*	Германский стандарт	Британский стандарт	Шведский стандарт	Европейский стандарт
С и д е н ь е						
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, град	0...5	0...4	0...5	0...4	0...5
С п и н к а						
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	400 min
11	Вертикальный радиус	620	700	Выпуклая	Выпуклая	—
12	Угол наклона, град	95...110	—	95...105	—	—
П о д л о к о т н и к и						
	Длина	—	200...280	220	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
* В ГОСТ остальные размеры устанавливаются, исходя из антропометрических данных с учетом поправки на спецодежду и снаряжение						

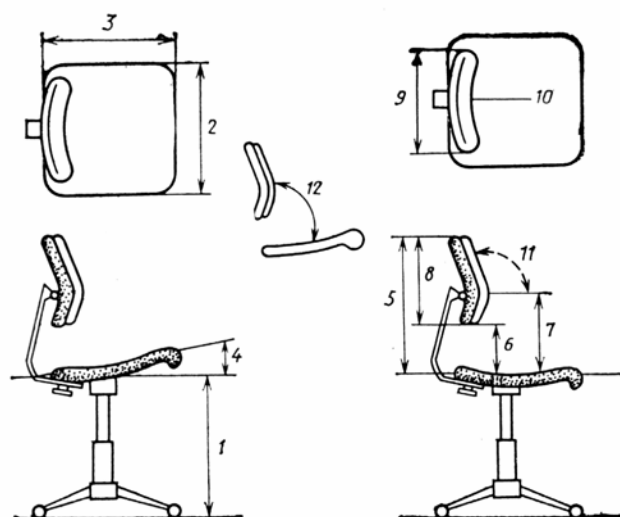


Рис. 1.10. Размерные характеристики рабочих кресел
(числовые значения – в табл. 1.6)

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.

Из рис. 1.11 можно получить представление о возможностях человека по усилиям, которые он может приложить к рычагам управления.

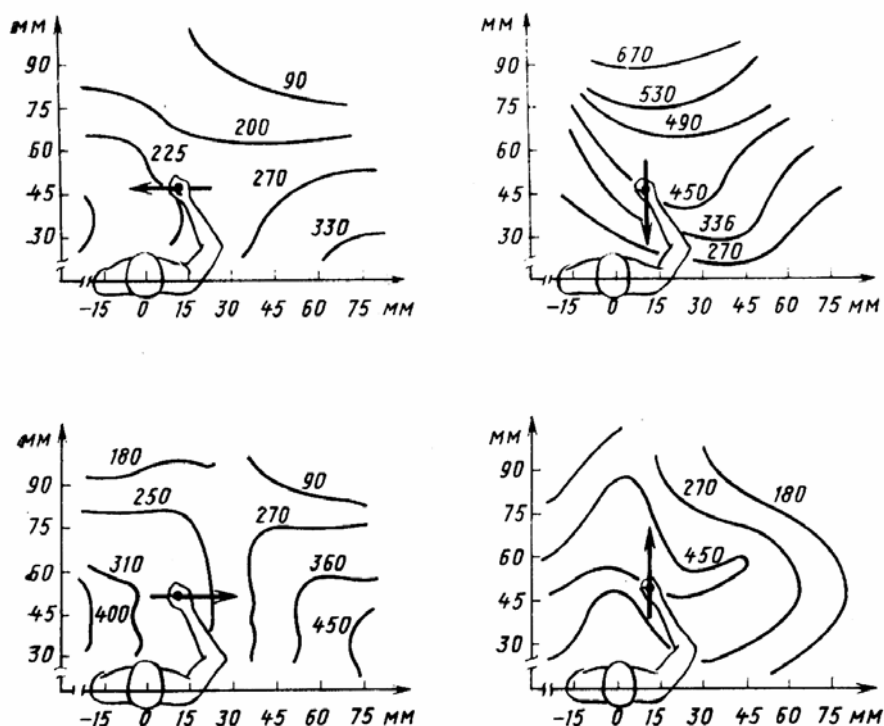


Рис. 1.11. Средние значения усилий (в Н), развиваемых мужчинами на рычаге управления в направлениях, указанных стрелками, при работе сидя (кисть перемещает рычаг в горизонтальной плоскости, расположенной на 250 мм выше тазобедренного сустава)

Усилия, которые человек может создать ногой при воздействии на педаль, зависит от высоты расположения педали относительно сиденья и от степени распрямления ноги (рис. 1.12).

Таким образом, рис. 1.11 и рис. 1.12 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 табл. 1.7.

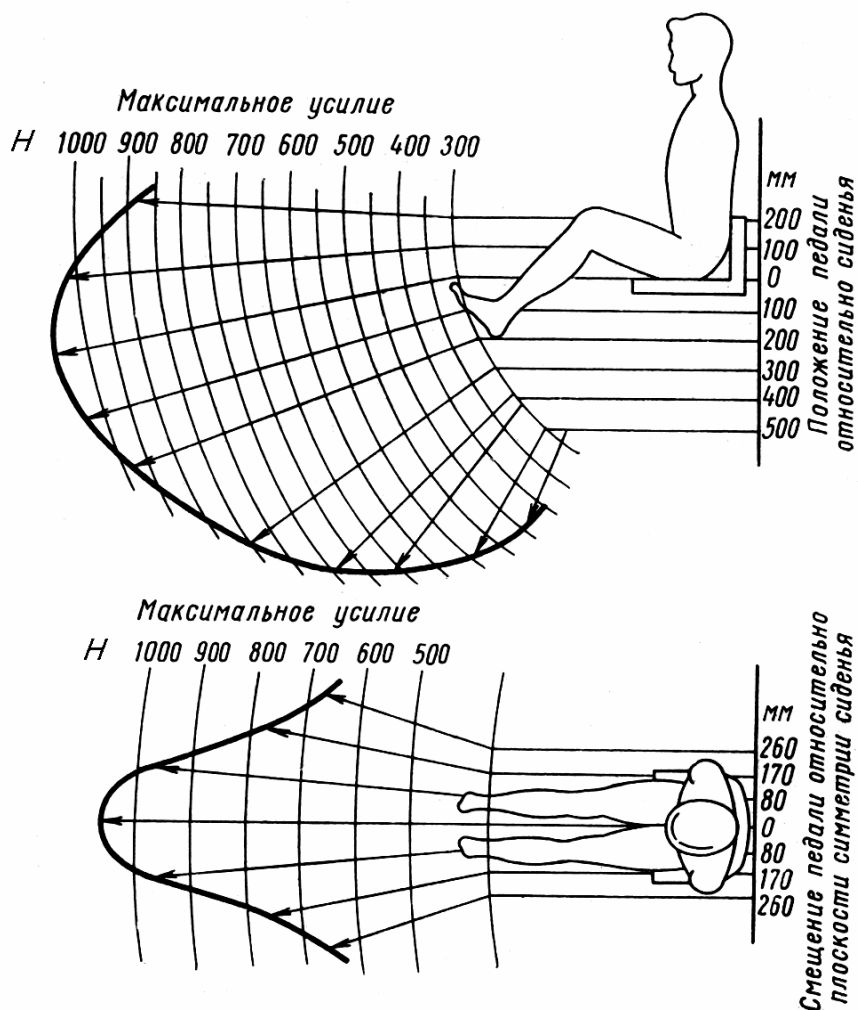


Рис. 1.12. Зависимость силы ноги от положения педали относительно сиденья

Однако в стандартах, определяющих требования к органам управления конкретных видов машин и механизмов, в частности, автомобилей и тракторов, приводятся иные данные, обоснованные именно для этих объектов. На них и следует ориентироваться при реальном конструировании. Эти данные приводятся в дисциплинах «Конструирование и расчет автомобиля» и «Конструирование и расчет трактора».

Таблица 1.7

Допустимые усилия на рукоятках рычагов управления, Н

Способ перемещения рычага	Частота пользования	
	Более 5 раз в смену	Менее 5 раз в смену
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 2 раз в минуту прикладываемое 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

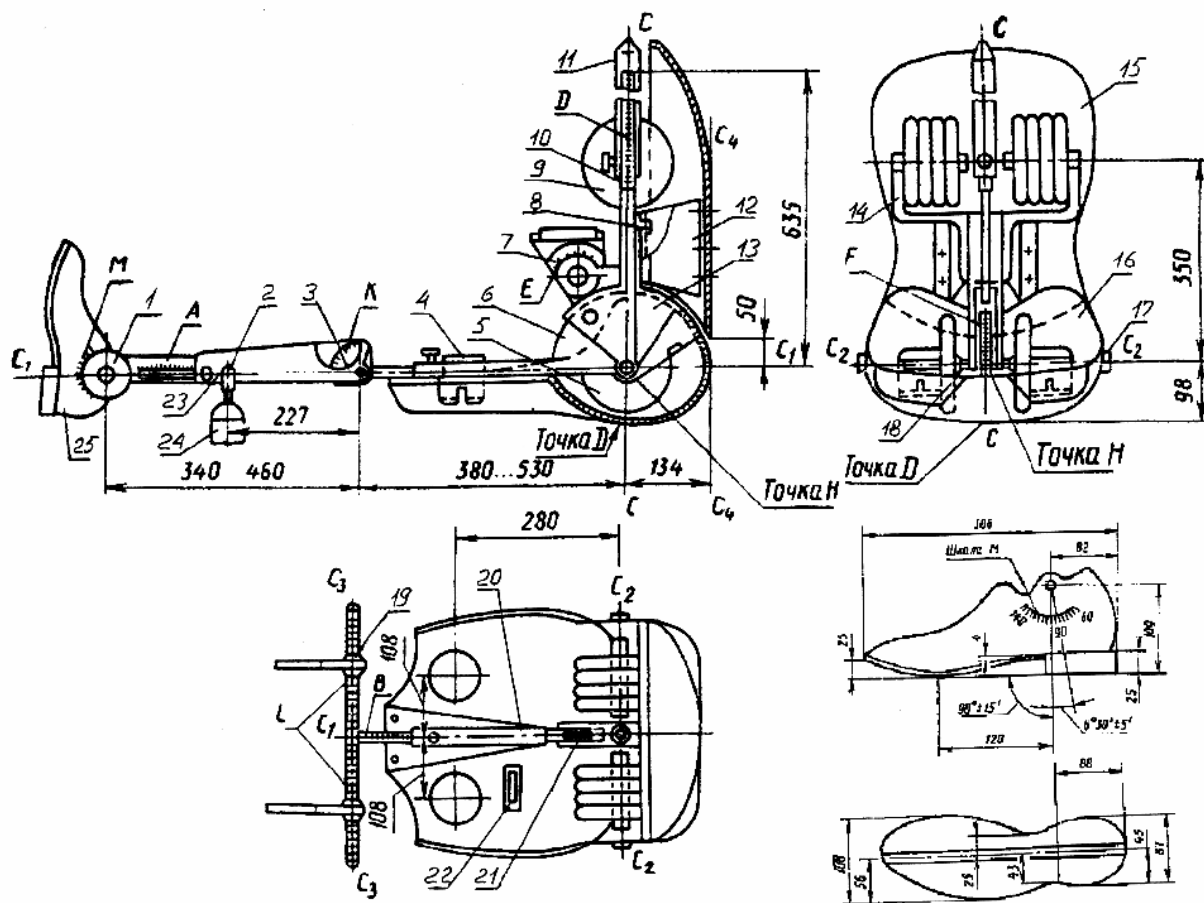
Сидящий на сиденье человек-оператор может принимать различные позы. Возникает проблема выбора условной точки, начала координат, относительно которой можно было бы определять размеры, характеризующие положение человека на сиденье. Надо, чтобы эта точка незначительно изменяла свое положение при изменениях 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 принимается точка пересечения габаритных очертаний подушки сиденья и спинки, обращенных к телу сидящего человека. Это может быть справедливым, если сиденье жесткое. При мягком сиденье и спинке эта точка существенно смещается, что затрудняет проведение измерений и снижает их достоверность.

В настоящее время 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 *H* (при проектных работах та же точка обозначается латинской буквой *R*).

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 (СТ СЭВ 4016–83)), антропометрические характеристики которых соответствуют определенным перцентильям. Эти манекены получили название посадочных, потому что с их помощью определяются рабо-

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



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; 11 – наконечник поворотного штока; 12 – кронштейн спинной панели; 13 – остов торса; 14 – кронштейн спинных грузов; 15 – спинная панель; 16 – сидалищная 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

26

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 величин, 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 сидалищной панели относительно горизонтали на этой панели установлены уровни. Элементы посадочного манекена снабжены линейными и угловыми шкалами (A, B, C, D, E, F, K, M), с помощью которых устанавливаются их размеры и относительное расположение.

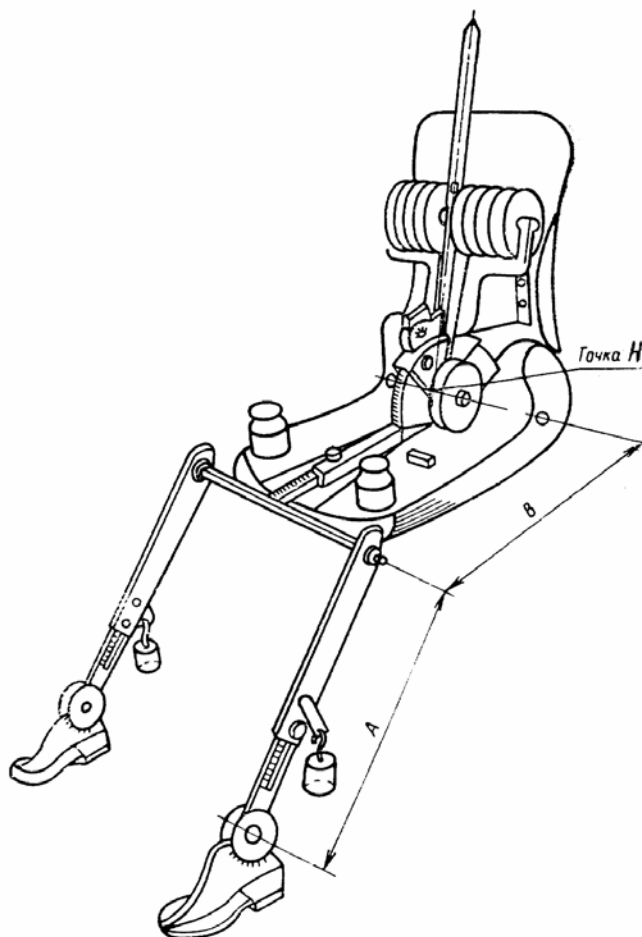


Рис. 1.14. Трехмерный посадочный манекен

Трехмерный посадочный манекен в собранном виде представлен на рис.1.14.

После размещения манекена на сиденье в первую очередь производится проверка совпадения координат точки H 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.

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

Таблица 1.8

Размеры элементов трехмерного посадочного манекена при различных уровнях репрезентативности

Элемент манекена (см. рис. 1.14)	Уровень репрезентативности, %		
	10	50	95
	Размеры элементов манекена, мм		
A («голень»)	391	417	460
B («бедро»)	406	432	455

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. Обычно используют три двухмерных манекена – 10%-ного, 50%-ного и 95%-ного уровней репрезентативности. Двухмерные посадочные манекены изготавливают в том масштабе, в котором удобно работать конструктору, например, в масштабе 1:5.

Стандартный двухмерный посадочный манекен используют:

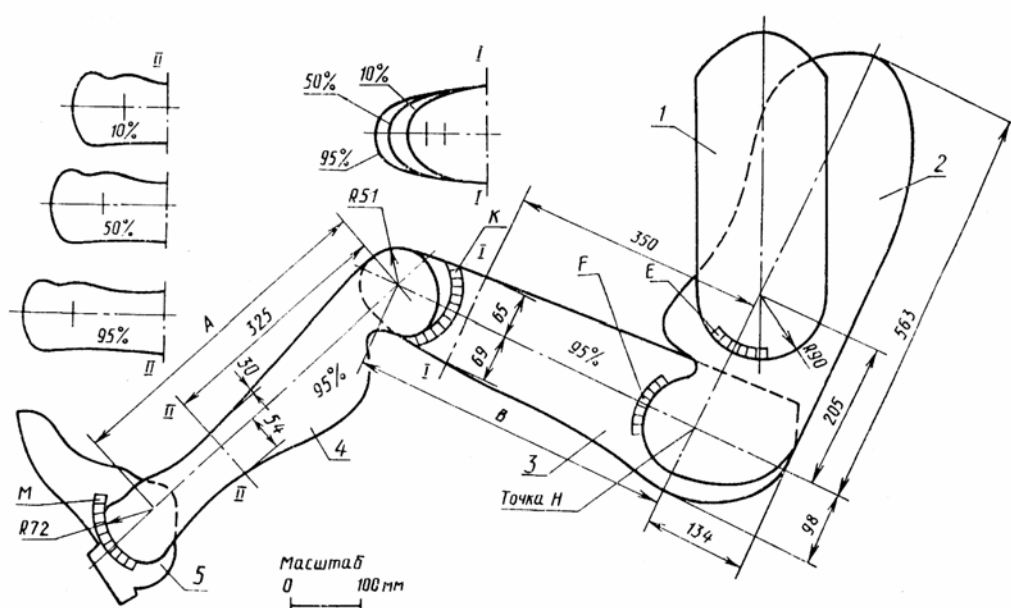


Рис. 1.15. Двухмерный посадочный манекен:

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

- для нахождения геометрических параметров кузова или кабины, а также параметров посадочных мест для водителя и взрослых пассажиров на этапах проектирования;
- для определения параметров пассажирского помещения и посадочных мест при сравнительной оценке различных моделей транспортных средств;
- для 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 5 (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.

1.3. Хиротехника

Большинство трудовых движений человек выполняет руками. При этом он пользуется различными инструментами, имеющими рукоятки, или управляет машинами и механизмами с помощью ручных органов управления – 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 греческого *cheir* – рука).

На рис. 1.16 в качестве примера показаны два варианта рукояток ручного механизированного инструмента, требующего при работе приложения усилий вперед и вниз. Даже простого взгляда достаточно, чтобы понять, что рукоятка, изображенная справа, значительно лучше изображенной слева. Она удобнее охватывается рукой, не возникает излишних местных давлений на

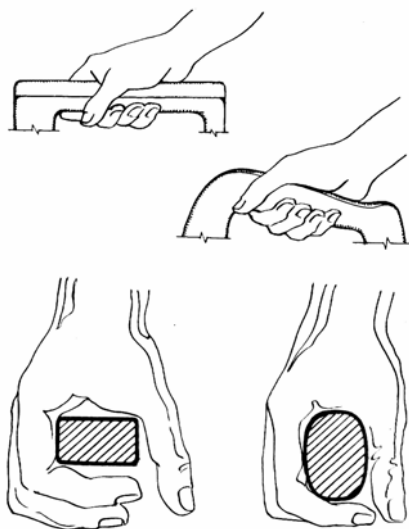


Рис. 1.16. Примеры рукояток ручного инструмента

руку на гранях рукоятки, к ней легче приложить усилие вперед-вниз. Значит, она предпочтительнее.

Параметры руки, как и другие, относящиеся к телу человека и его частей, являются антропометрическими характеристиками. Некоторые особенности руки человека, которые имеют значение при конструировании органов управления и рабочего инструмента, рассмотрены ниже.

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

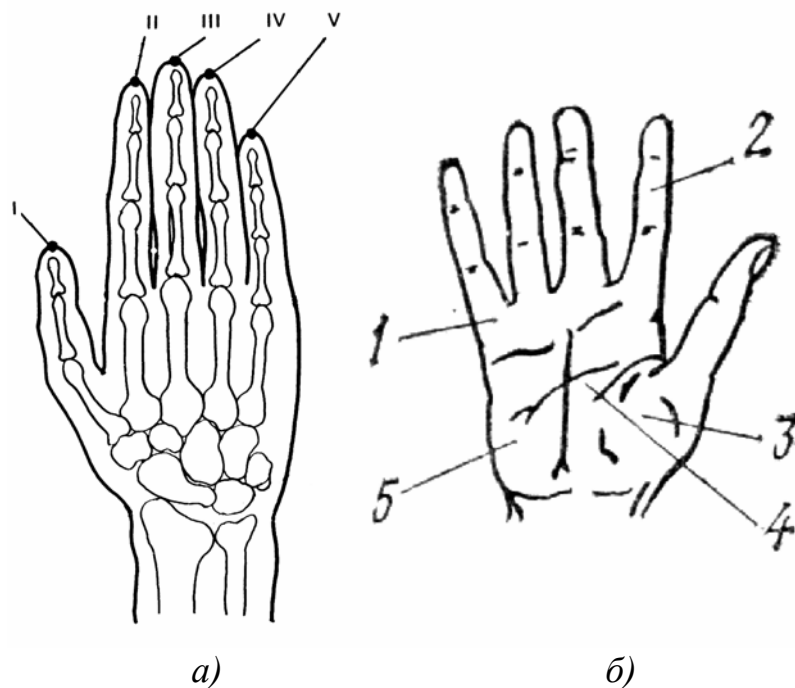


Рис. 1.17. Форма кисти руки человека:

а) - пальцы: большой – I, указательный – II, средний – III, безымянный – IV, мизинец – V; б) - ладонь: 1 – межпальцевый бугорок, 2 – хватательное кольцо, 3 – бугорок большого пальца, 5 – бугорок мизинца

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 разная: объем движений в суставах кисти у женщин в среднем на $4...6^\circ$ больше, чем у мужчин. Основные размеры кисти руки представлены на рис. 1.18 и в табл. 1.9.

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 рукоятка, предмет или его часть удерживаются в определенном положении пальцами или ладонью. При нехватательных движениях происходит контакт пальцев или ладони с предметом, при этом

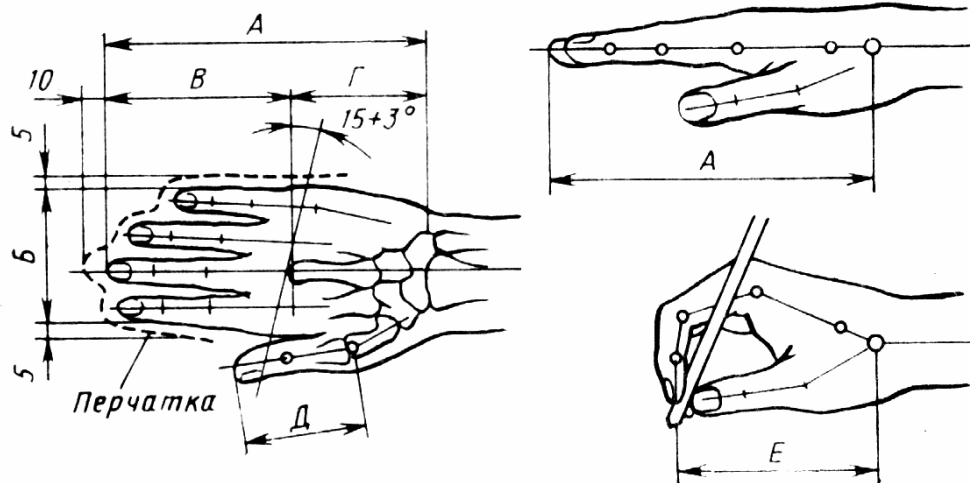


Рис. 1.18. Основные размеры кисти

Таблица 1.9

Основные размеры кисти, мм

Измеряемая величина	Обозначение (по рис. 1.18)	Мужчины		Женщины	
		Средняя	Максимальная	Средняя	Максимальная
Длина кисти	<i>A</i>	193	208	176	178
Ширина кисти (у основания большого пальца)	<i>B</i>	86	94	74	79
Длина среднего пальца	<i>B</i>	117	127	102	104
Длина пястья (до центра кулака)	<i>Г</i>	76	81	71	74
Длина большого пальца	<i>Д</i>	69	76	61	61
Длина кисти при письме	<i>E</i>	117	127	—	104

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.

Вообще способов захвата существует весьма большое количество, 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.

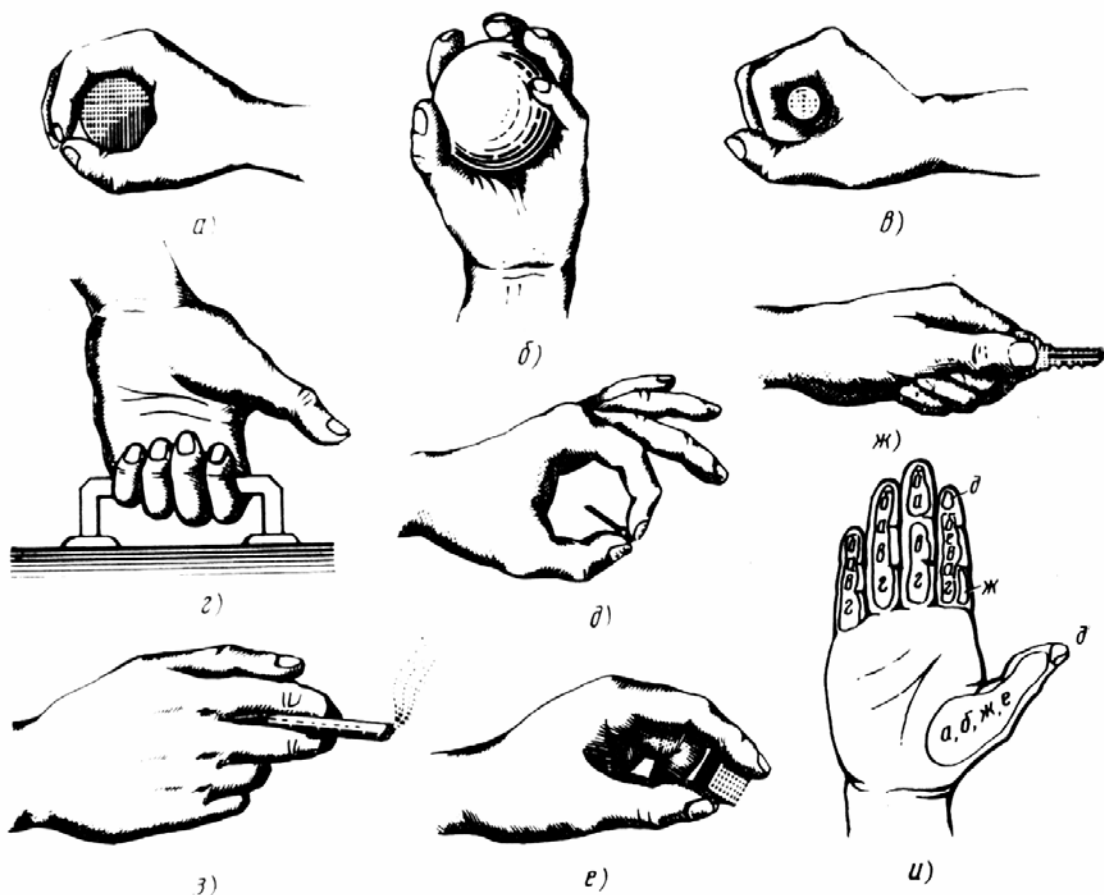


Рис. 1.19. Виды захватов:

a – цилиндрический; *б* – сферический; *в* – захват в кулак; *г* – захват-крючок; *д* – концевой; *е* – пальмарный; *ж* – ключевой; *з* – ножничный; *и* – зоны контакта кисти при различных захватах

Схватывающие захваты. *Цилиндрический захват* (рис. 1.19,*а*) 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, топорща, 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.

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,д) образован кончиками большого и указательного или среднего пальцев при взятии мелкого предмета, например, иголки. Иногда его называют чувствительным захватом.

Пальмарный захват (рис. 1.19,е) – (от лат. *palmaris* - ладонный). Большой палец противопоставляется двум другим, обычно указательному и среднему, соприкасаясь с ними внутренней стороной концевой фаланги. Используется для удержания карандаша, небольшой поворотной рукоятки управления, 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 (рис. 1.19,з) 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 455...386 Н, у женщин – 280...230 Н. Максимальная сила, которая развивается кистью, в зависимости от типа захвата (для молодых мужчин), следующая:

Тип захвата	Сила захвата, Н
Концевой	95±22
Ключевой	105±22
Пальмарный	409±73

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

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	469,68±72,46	448,00±100,06
75	493,10±113,0	494,00±82,72
65	559,42±80,94	520,52±85,76
55	558,72±88,58	556,72±95,9
45	562±63,46	643,66±74,4

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 стояночного тормоза автомобиля. При сдавливании ее рычаг освобождается и автомобиль «снимается с тормозов». Наиболее типичны рукоятки такого рода для мотоциклов, расположенные на руле для управления сцеплением и тормозом. Такие же 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, а расстояние между ними может изменяться. При этом максимальная сила сдавливания рукояток меняется: по мере увеличения ширины хвата она вначале увеличивается, а затем уменьшается, как это показано на рис. 1.20.

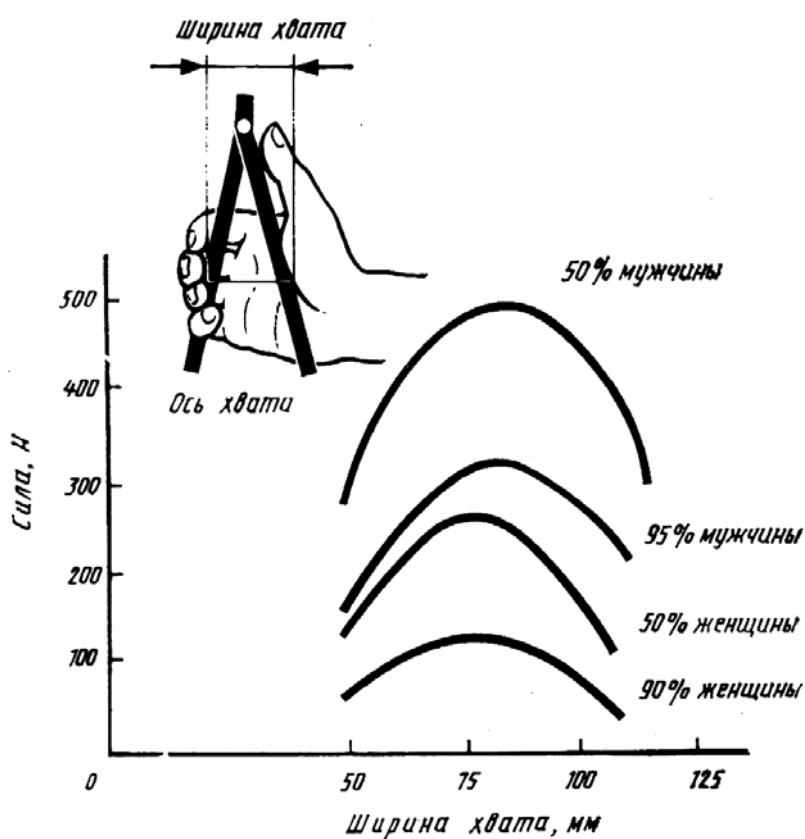


Рис. 1.20. Максимальная сила сдавливания рукояток при разной ширине между ними

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 кисти 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 мят 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. Некоторые фирмы выпускают ручные инструменты с разными размерами рукояток, аналогично, например, выпуску обуви одной модели, но разных 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.

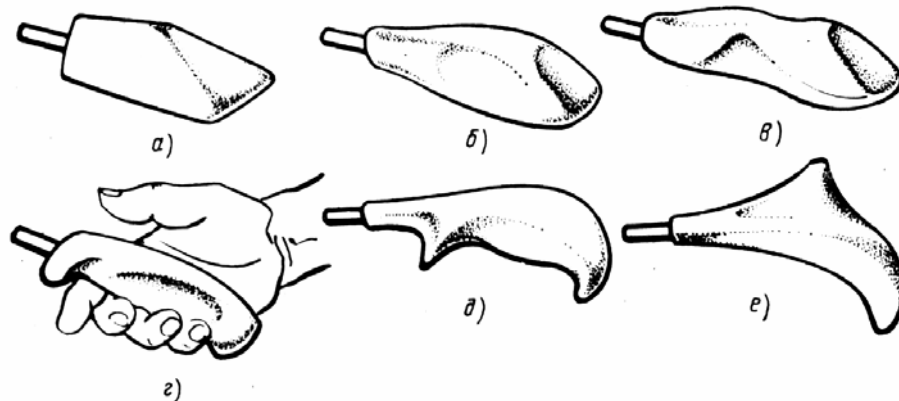


Рис. 1.21. Формы рукояток ручных инструментов:

a – трехгранная призма (прототип формы); *б*, *в*, *г* – рациональные формы рукояток для приложения продольных усилий; *д* – форма ручки для работы инструментом «на себя»; *е* – ручка для инструмента, требующего значительных усилий «от себя»

Показанные на рис. 1.21 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. В

этом случае рукоятка должна представлять собой тело вращения. Рациональная форма такой рукоятки показана на рис. 1.22.

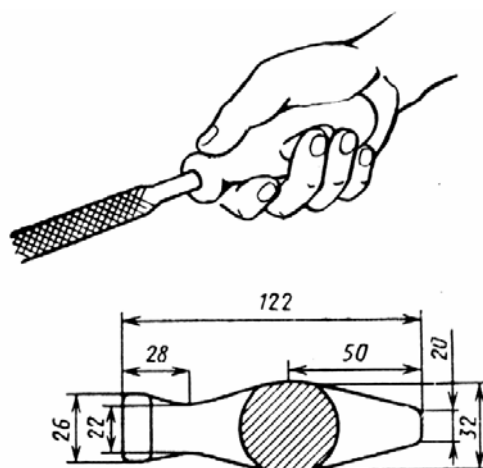


Рис. 1.22. Рациональная форма рукоятки напильника

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. Величина максимального крутящего момента 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.

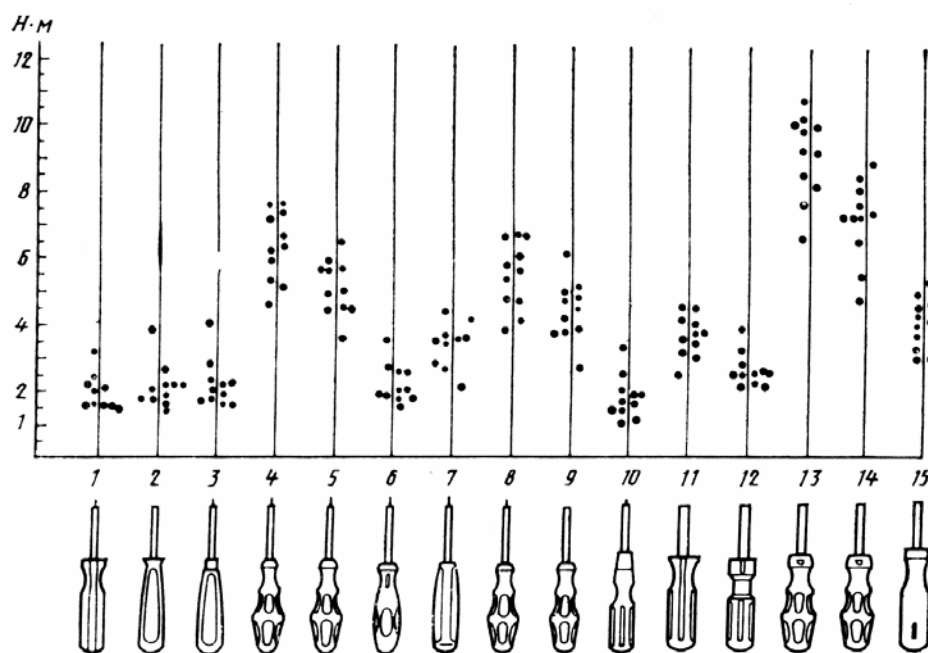


Рис. 1.23. Крутящие моменты, развиваемые на отвертках при различных формах рукояток

Рациональная форма рукоятки отвертки показана на рис. 1.24.

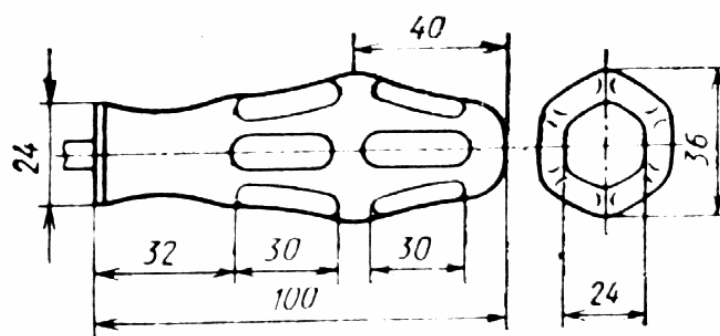


Рис. 1.24. Рациональная форма рукоятки отвертки, учитывающая антропометрические параметры кисти руки человека

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.

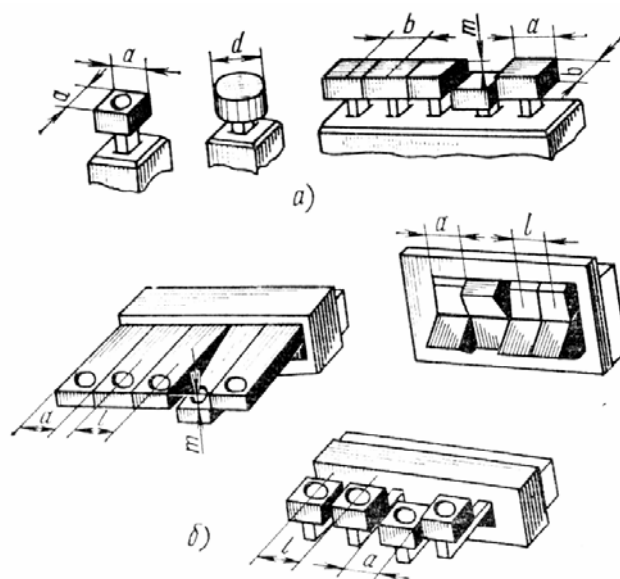


Рис. 1.25. Кнопки и клавиши (размеры – в табл. 1.11)

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).

Таблица 1.11

Основные характеристики кнопочных включателей
(обозначения по 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	До 1	10x5	3...10	10	До 2
	1...2	12x7	10	15	2...3
	2...4	18x8	12	15...18	3...5
	4...8	20x12	15	18...20	4...6
Кнопка под большой палец	8...20	—	30	>30	3...8
	20...35	—	30	>30	5...8
Клавиша	До 2,5	10	—	18...25	3...5
	2,4...4	15	—		4...6
	4...6	18	—		4...6
	6...16	18...20	—		5...10

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 наощупь по форме и величине, это снизит вероятность ошибок.

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

Рукоятки типа I часто помещаются в углубление, имеющее вращаю-

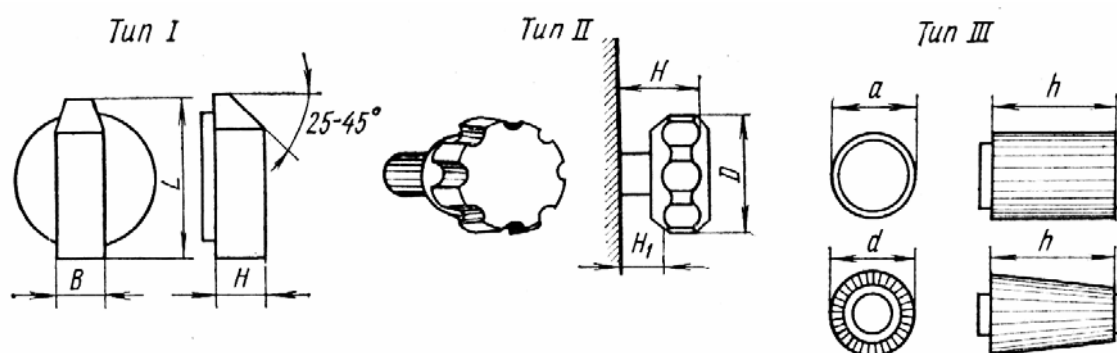


Рис. 1.26. Поворотные рукоятки управления (обозначения в табл. 1.12)

щийся вместе с рукояткой или неподвижный ободок. При этом внутренний диаметр ободка не должен быть меньше 35...40 мм, чтобы внутри него по-

мещалась вторая фаланга согнутого указательного пальца для возможности пользования ключным захватом.

В дополнение к изложенному, можно сформулировать 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, быть устойчивой к действию применяемых в автомобилях и тракторах эксплуатационных жидкостей и легко отмываться от загрязнений;

- материал рукояток не должен вызывать аллергических реакций.

Таблица 1.12

Основные характеристики поворотных переключателей
(обозначения по рис. 1.26)

Окружное усилие, Н	Размеры приводного элемента, мм						
	Типа I			Типа II		Типа III	
	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>D</i>	<i>H</i>	<i>d</i>	<i>h</i>
До 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	—	—
До 2,0	20	2...3	10	—	—	—	—
2,0...3,0	25	3...4	123	—	—	—	—
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	—	—	—	—

2. КОМПОНОВКА РАБОЧЕГО МЕСТА ВОДИТЕЛЯ

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 стандарте (ГОСТ 15.001-88). Заказчиком может быть министерство, организация, фирма, юридическое или физическое лицо. Разработчик – предприятие-изготовитель или проектно-конструкторская организация (фирма).

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

Порядок разработки и утверждения технического задания определяется заказчиком и разработчиком. При инициативной разработке необходимость, порядок разработки и утверждения технического задания определяет разработчик продукции. Стандарт допускает использование в качестве технического задания любого документа (контракта, протокола, эскиза 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 указываются следующие сведения:

- назначение машины;
- общая компоновочная схема или варианты компоновочных схем;
- условия эксплуатации (дорожные, климатические, специальные);
- технические параметры и характеристики;
- ресурс;
- объем выпуска, предполагаемая цена 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 проводятся предварительные проектные и расчетные работы: разрабатывается предварительная компоновка (или варианты компоновок) машины, определяются ее тягово-скоростные и топливно-экономические характеристики, параметры двигателя или его конкретная марка, тип трансмиссии, передаточные числа, габаритные и весовые параметры, себестоимость машины при заданном масштабе выпуска, разрабатываются 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, может быть уточнено техническое задание.

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 включает следующие этапы: эскизную компоновку, 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 данной главе учебника 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. Поэтому здесь излагаются лишь методические основы подхода к компоновке рабочего места водителя, к расположению органов управления, к обеспечению обзорности и других обязательных параметров. Приводимые числовые значения тех или иных величин даются как иллюстративный материал, их конкретные значения могут меняться с изменениями действующих или появлением новых стандартов. В связи с этим, при конкретном проектировании следует *обязательно* обращаться к соответствующим стандартам и другим руководящим материалам.

2.2. Компонировка рабочего места водителя автомобиля и места пассажира

Под компоновкой посадки 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 (СТ СЭВ 4016–83)). Работа обычно проводится в масштабе 1:5 (иногда 1:10), что обеспечивает необходимую на этом этапе работы 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 габаритов машины по высоте (грузовой автомобиль) или небольшой скорости движения (трактор). Принципиальный подход к размещению водителя с использованием двухмерного посадочного манекена иллюстрируется рис. 2.1.

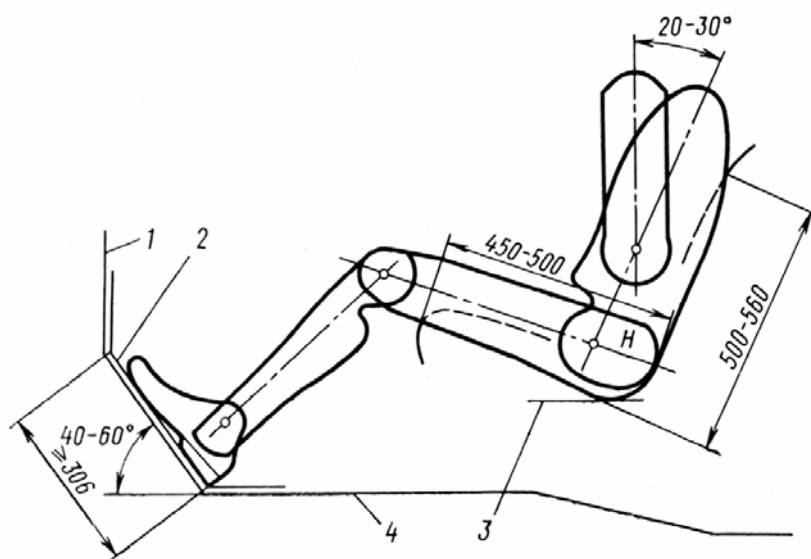


Рис. 2.1. Использование двухмерного посадочного манекена для компоновки посадки водителя:

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

Размещение водителя начинают с построения внутренних (обращенных к водителю) границ пола и перегородок. Причем под термином «перегородка», в соответствии со стандартом (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 подрессоренного сиденья, то учитывают его перемещение под весом водителя (статический прогиб с учетом характеристики упругости подвески сиденья).

Подробно «взаимодействие» человека и сиденья рассмотрено ниже в главе 7.

Для определения положения сиденья водителя по длине и наклону спинки пользуются данными из стандартов. В качестве примера 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).

Таблица 2.1

Параметры рабочей позы водителя грузового автомобиля, автобуса
(графическое изображение на рис. 2.2)

Наименование параметра	Обозначение по рис. 2.2	Размер, град.
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, не менее	A_8	4
Примечание: Если угол A_4 не установлен, то рабочее положение стопы правой ноги принимается равным половине полного хода педали акселератора		

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. Использование здравого смысла основано на том, что каждый человек, и компоновщик в частности, много раз видел сидящих людей, и даже при взгляде 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_1 до 30° и более).

На рис. 2.2 и в табл. 2.1 указаны значения углов, определяющие положение рук водителя на рулевом колесе.

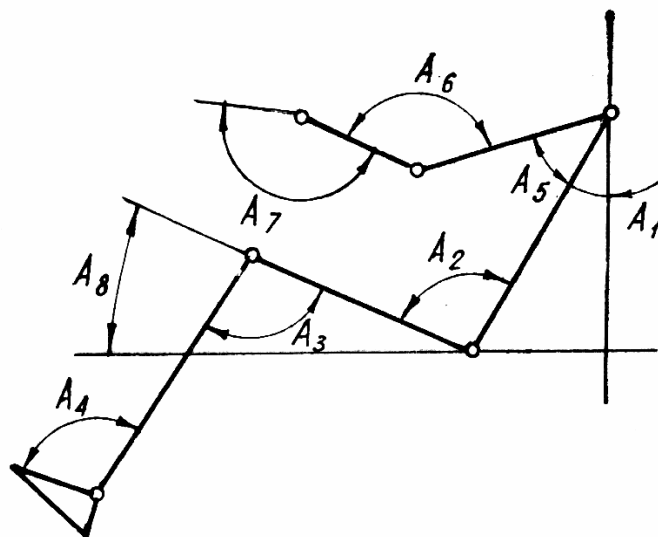


Рис. 2.2. Углы, определяющие рабочую позу водителя грузового автомобиля, автобуса, троллейбуса и т.п. (обозначения – в табл. 2.1)

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 дос-

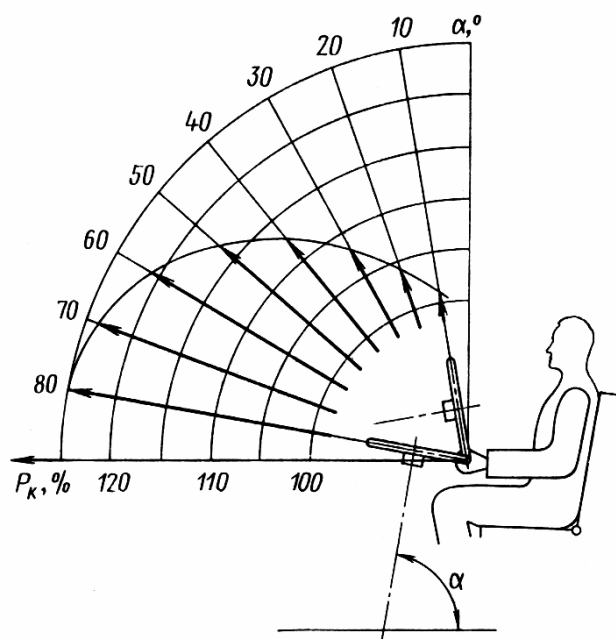


Рис. 2.3. Зависимость усилия на рулевом колесе от угла его наклона

тижимая скорость вращения руля («скорость руления»). 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 величину усилия, которое водитель может приложить к ободу рулевого колеса, существенно влияет угол его наклона (рис. 2.3). Если принять за 100% достижимое усилие при почти вертикальном положении плоскости руля (80°

относительно вертикали), то при почти горизонтальном положении (10°) усилие увеличивается примерно на 25%. Это объясняется анатомическими особенностями человека.

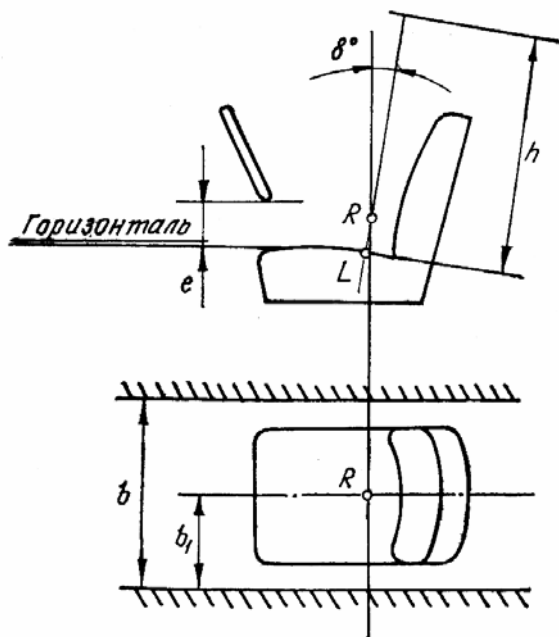


Рис. 2.4. Параметры рабочего места водителя (обозначения – в табл. 2.2)

Для грузовых автомобилей, автобусов и троллейбусов положение рулевого колеса относительно сиденья, регламентируемое стандартом (ОСТ 37.001.413-86), поясняется рис. 2.4 и табл. 2.2.

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.

Таблица 2.2
Параметры рабочего места водителя грузового автомобиля, автобуса и троллейбуса

Наименование параметра	Обозначение по рис. 2.4	Размер, мм
Расстояние от нижнего края нерегулируемого рулевого колеса до ненагруженной поверхности подушки сиденья при верхнем положении сиденья на всем диапазоне продольной регулировки, не менее	e	180
Расстояние от точки L до внутренней обивки крыши (сиденье в крайнем заднем нижнем положении по регулировке)	h	1100
Ширина рабочего места водителя, не менее	b	750
Расстояние от левой внутренней стенки кабины до оси симметрии сиденья, не менее	b_l	350
Примечание: в обоснованных случаях (оговоренных в стандарте) размеры e , h и b_l могут быть уменьшены		

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 управления автомобилем, показаны в табл. 2.3 и на рис. 2.5

Таблица 2.3

Расположение основных органов управления автомобилем

Наименование параметра	Обозначение	Величина
Смещение центра рулевого колеса от продольной плоскости симметрии сиденья водителя, мм, не более	t	± 30
Угол наклона плоскости рулевого колеса от горизонтали в вертикальной плоскости, град, не менее	φ	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 боковины 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

* Размеры должны замеряться на расстоянии 2/3 длины стопы манекена от точки пятки

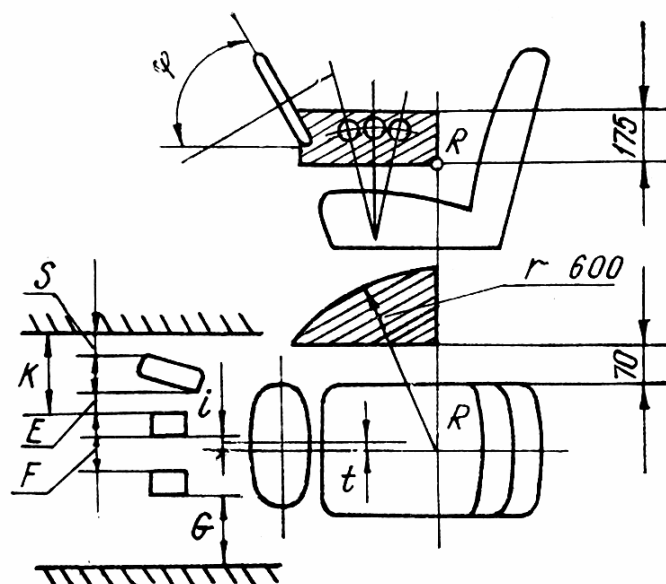


Рис. 2.5. Расположение основных органов управления грузовых автомобилей

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

На легковых автомобилях педали управления располагаются в соответствии с рис. 2.6 (ГОСТ Р 41.35-99).

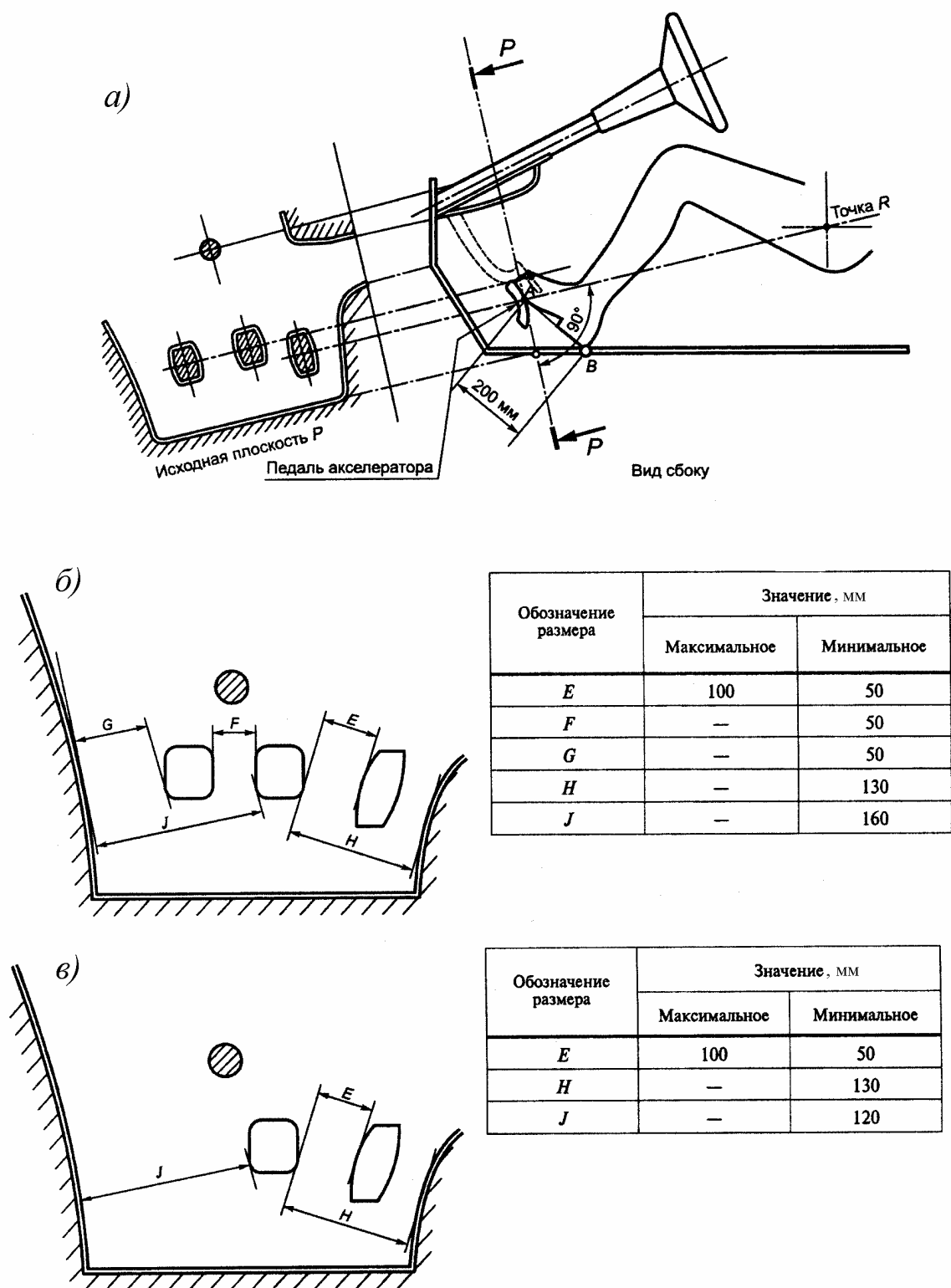


Рис. 2.6. Расположение педалей управления легкового автомобиля:
a – вид сбоку; *б* – три педали (трансмиссия обычного типа);
в – две педали (автоматическая трансмиссия)

Для определения положения основных органов управления легкового автомобиля относительно точки *R* можно пользоваться данными, приведенными на рис. 2.7, где штриховкой выделены целесообразные зоны рас-

положения рулевого колеса и педалей (РД 37.001.003–82). Точка *A* – условная точка приложения усилий ноги водителя к педалям; точка *B* – пятка (располагается на уровне пола); расстояние между точками *A* и *B* – 200 мм вдоль стопы, остальные размерные соотношения определяются с помощью координатной сетки рисунка.

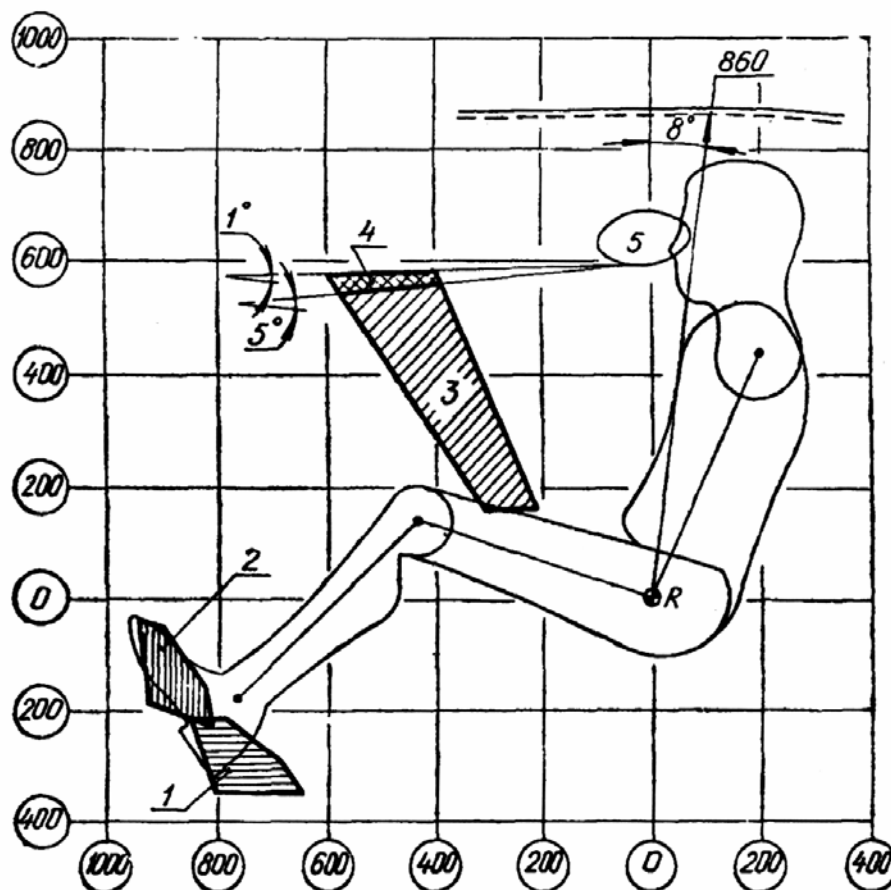


Рис. 2.7. Зоны расположения рулевого колеса и педалей легкового автомобиля:

1 – зона расположения точки *B* (пятка); 2 – зона расположения точки *A*; 3 – целесообразная зона расположения рулевого колеса; 4 – допустимая зона расположения рулевого колеса; 5 – зона вероятного расположения глаз водителя

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

После определения геометрических параметров рабочего места водителя можно компоновать посадку 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, за исключением, разумеется, того, что не приходится размещать органы управления (рис. 2.8).

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.

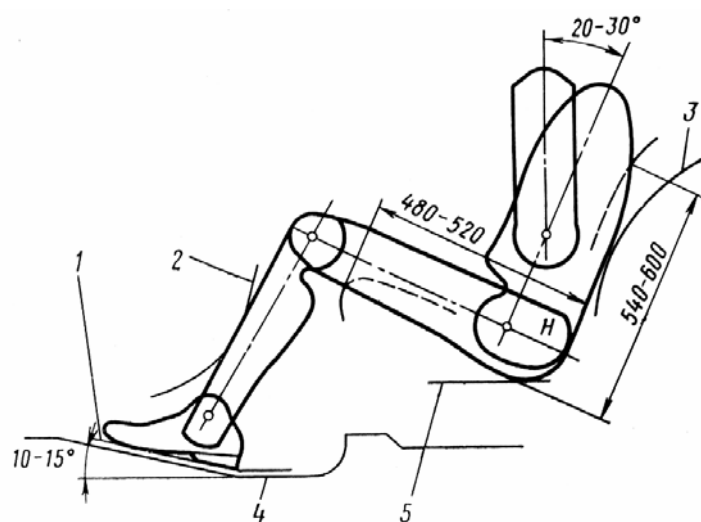


Рис. 2.8. Размещение пассажира:

1 – ковер; 2 – задняя сторона сиденья водителя;
3 – кожух колеса; 4 – пол; 5 – уровень сжатой подушки сиденья

Толщина спинки переднего сиденья назначается ориентировочно, от 60...80 мм для небольших автомобилей и до 100...120 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 дана в главе 7.

Кроме удобного размещения водителя и пассажиров в кузове, необходимо, чтобы двер-

ные проемы имели достаточные размеры и рационально располагались бы относительно сидений. Минимальные размеры дверных проемов (для легковых автомобилей) показаны на рис. 2.9.

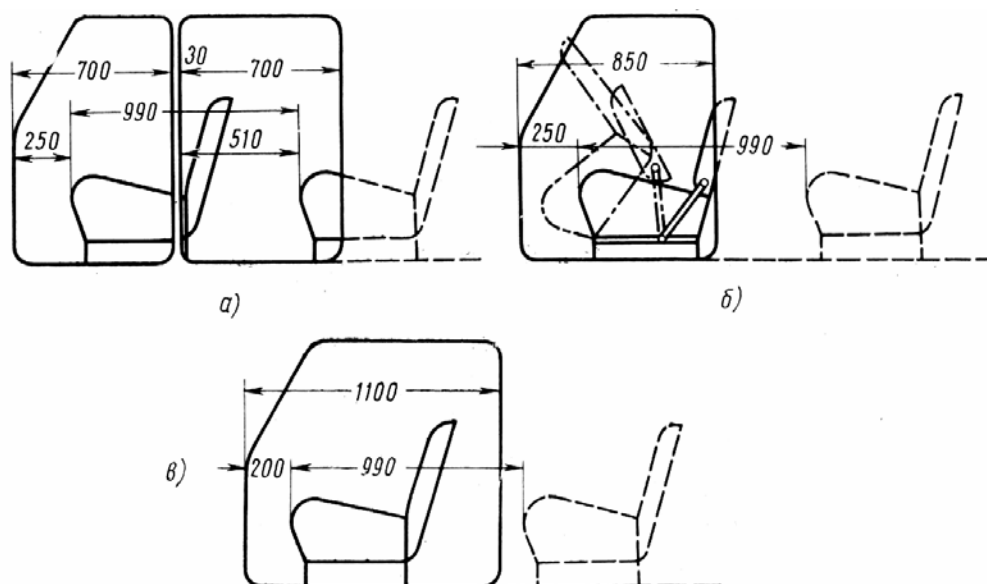


Рис. 2.9. Рекомендуемое относительное расположение дверных проемов и сидений для легковых автомобилей:

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 меньше 250 мм, а на уровне плеч – не менее 650 мм.

Положение передней стойки кузова или кабины определяет положение стоек ветрового окна, и появляется возможность определения его формы и положения. 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, как это показано на рис. 2.10, но в основе формы чаще всего лежит цилиндр или конус. Часто используют стекла, имеющие в средней части цилиндрическую форму, а в боковых – коническую.

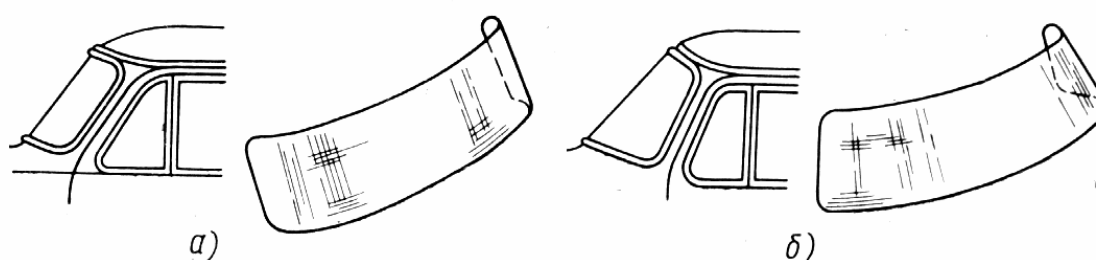


Рис. 2.10. Ветровые окна:

а – с цилиндрическим стеклом; *б* – с коническим стеклом

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. 2.11.

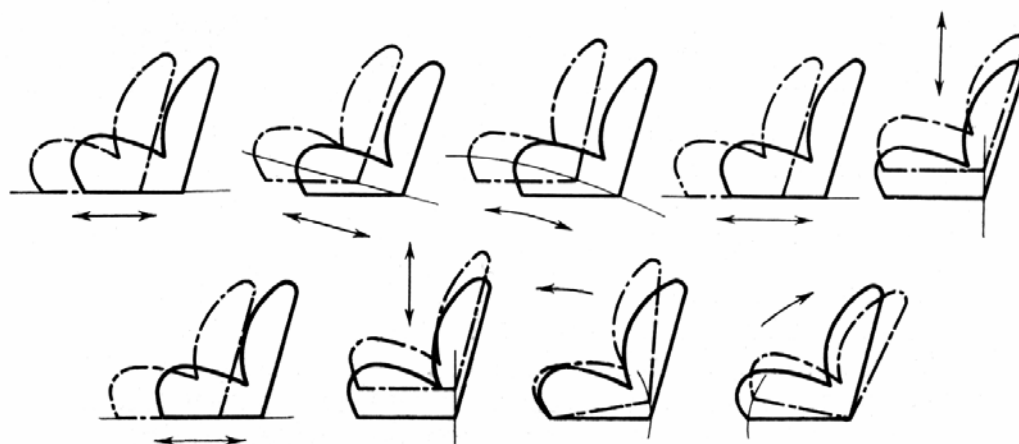


Рис. 2.11. Возможные направления смещения сиденья водителя при регулировках

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

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 от того, к какой категории он относится.

Классификация автотранспортных средств (АТС) в зависимости от назначения и полной массы приведена в табл. 2.4 (ГОСТ 22895).

Таблица 2.4

Классификация автотранспортных средств (АТС) в зависимости от назначения и полной массы

Категория АТС	Тип АТС	Полная масса, т	Наименование АТС
М	АТС с двигателем, имеющие не менее четырех колес, предназначенные для перевозки пассажиров	Не регламентирована	Пассажирские и грузопассажирские автомобили, их модификации, автобусы, пассажирские автопоезда
М1	То же, имеющие не более восьми мест для сиденья, кроме места водителя		
М2	То же, имеющие более восьми мест для сиденья, кроме места водителя	До 5,0	
М3		Св. 5,0	
Н	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)
N1		До 3,5	
N2		Св. 3,5 до 12,0	
N3		Св. 12,0	

Чтобы определить параметры обзорности, необходимо построить характеристические точки положения глаз водителя. Их положение определяется относительно точки $R(H)$, как это показано на рис. 2.12. На расстоянии 68 мм назад относительно точки $R(H)$ проводится вертикальная прямая и на ней откладывается отрезок длиной 627 мм. От полученной точки вверх и вниз откладываются отрезки длиной по 38 мм. Полученные точки V_1 и V_2 считаются характеристическими точками положения глаз во-

дителя, от них и проводятся построения, определяющие обзорность. В соответствии со стандартом (ГОСТ Р 51266–99), при построении положения характеристических точек учитывается диапазон регулирования положения сиденья (изменяется размер 68 мм) и конструктивный угол наклона спинки сиденья.

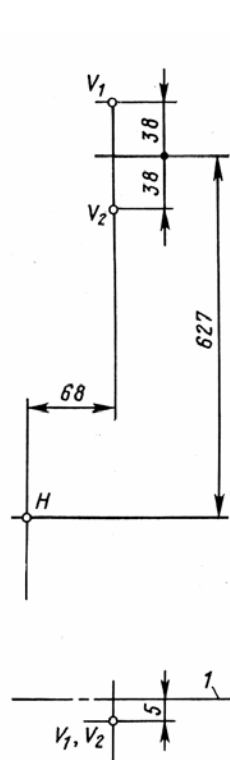


Рис. 2.12. Положение характеристических точек V_1 и V_2 , определяющих обзорность автомобиля (I – ось рулевого колеса при виде сверху)

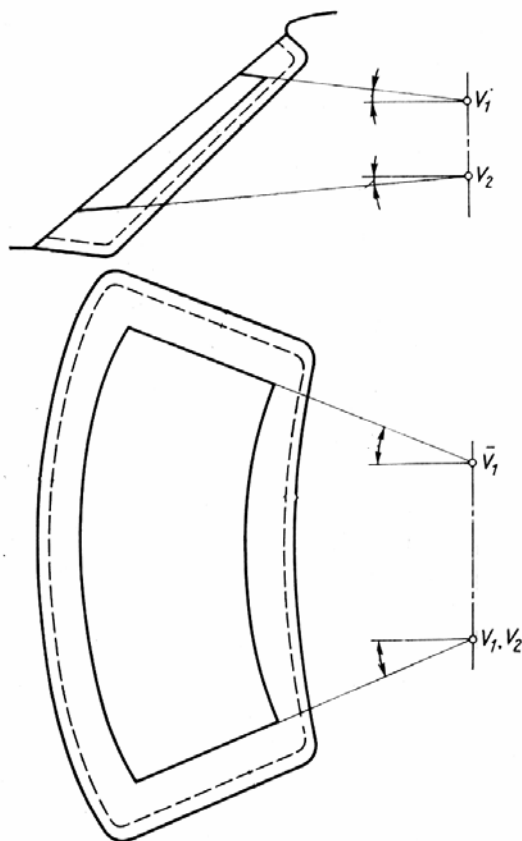


Рис. 2.13. Принцип построения нормативных зон обзора через ветровое стекло

Обзорность через ветровое стекло определяется условными зонами. A и B на наружной поверхности стекла автомобиля. При этом нормативная зона A располагается внутри нормативной зоны B непосредственно перед водителем. Нормативное поле обзора Π – 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 A и B поясняется рис. 2.13.

Из характеристических точек V_1 и V_2 под некоторыми нормативными углами проводятся вперед две плоскости: от точки V_1 – вверх, а из точки V_2 – вниз. Линии пересечения этих плоскостей с ветровым стеклом дают соответственно верхнюю и нижнюю границы нормативных зон A и B . Для получения боковых границ зоны B проводятся вертикальные плоскости, так-

же под нормативными углами, влево и вправо, причем левая плоскость проводится из точек V_1 и V_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 A 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.

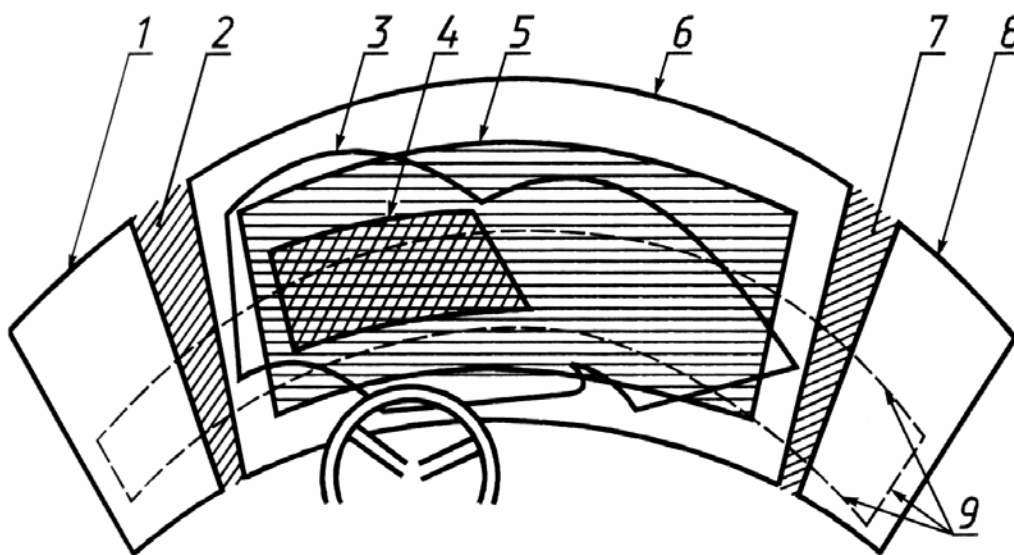


Рис. 2.14. Расположение нормативных зон А и Б переднего окна и нормативного поля обзора П:

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 со стандартом (ГОСТ Р 51266–99), различаются в зависимости от категории АТС и от его компоновки (капотная, полукapotная 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 $V_{1,2}$. 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 симметричной 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%).

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° , обозначенное на рисунке, относится к обычным легковым автомобилям. В некоторых случаях (например, автомобиль категории МЗ с полукапотной или вагонной компоновкой) этот угол может достигать 17° . В нормативном поле обзора П не должно быть

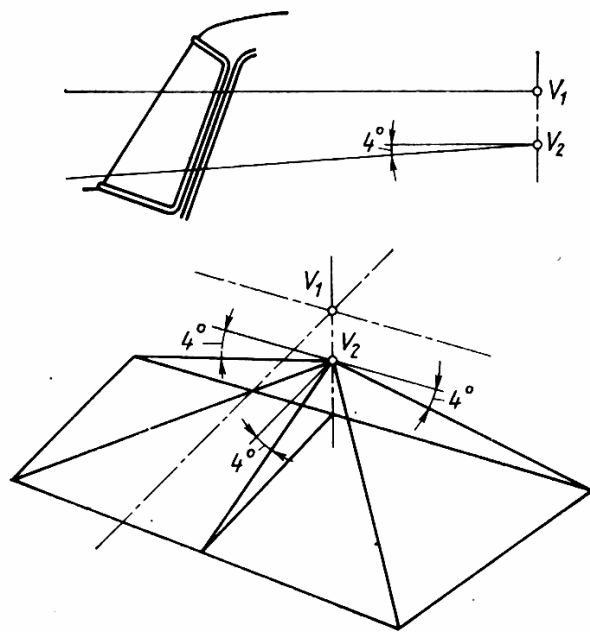


Рис. 2.15. Принцип построения нормативного поля обзора П

непросматриваемых зон, кроме создаваемых стойками окон и рамками поворотных форточек, зеркалами заднего вида, деталями стеклоочистителей, наружными радиодантными антеннами.

Кроме описанных норм, характеризующих параметры обзорности автомобилей, стандартом предусматривается также определение непросматриваемых зон, создаваемых стойками ветрового окна, при этом учитывается бинокулярность зрения.

Каждое автотранспортное средство должно быть оснащено зеркалами заднего вида, позволяющими водителю при обычно 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 стандарте (ГОСТ Р 41.46–99). Размеры и параметры зеркал также указаны в стандарте. На рис. 2.16, как иллюстрация, 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.

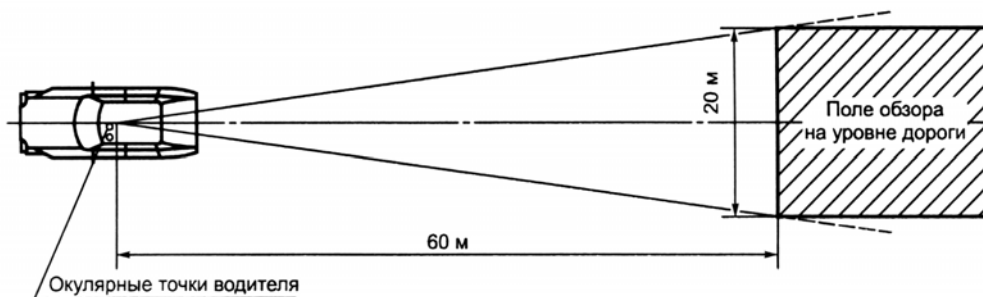


Рис. 2.16. Поле обзора через внутреннее зеркало заднего вида

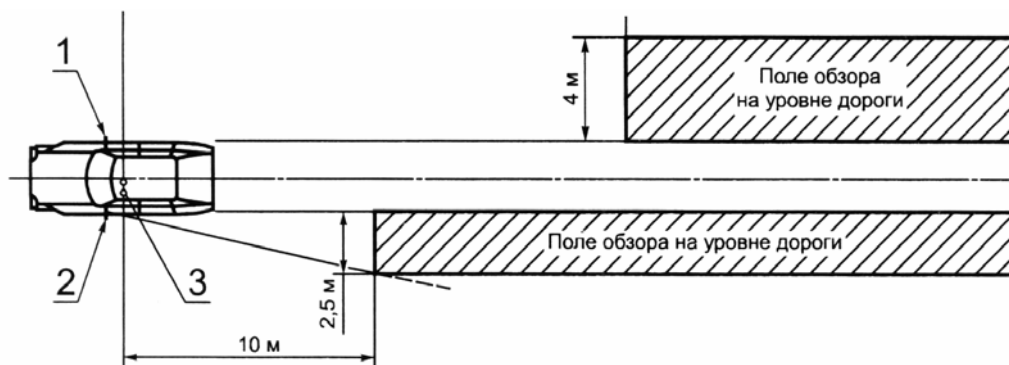


Рис. 2.17. Поле обзора через наружные зеркала заднего вида АТС категорий М1 и N1 массой до 2 т:

1 – правое внешнее зеркало заднего вида; 2 – левое внешнее зеркало заднего вида; 3 – окулярные точки водителя

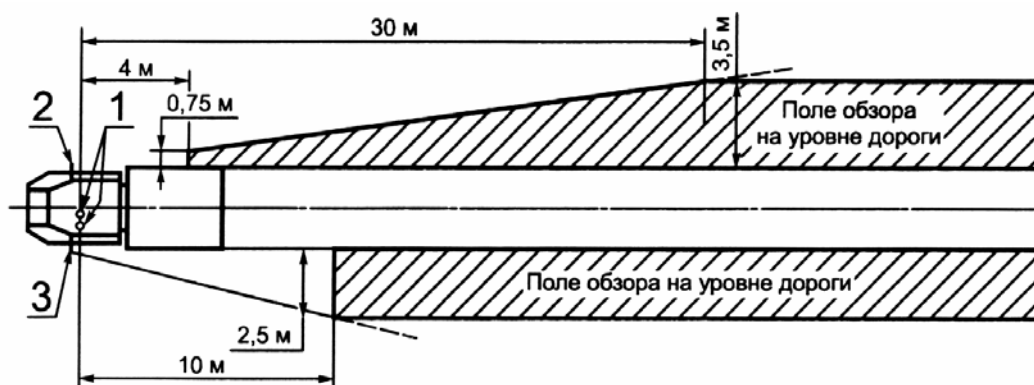


Рис. 2.18. Поле обзора через наружные зеркала заднего вида грузовых автомобилей:

1 – окулярные точки водителя; 2 – правое внешнее зеркало заднего вида; 3 – левое внешнее зеркало заднего вида

На основании изложенного выше, можно кратко сформулировать последовательность действий при компоновке рабочего места водителя автомобиля:

1. Размещается двухмерный посадочный манекен 95-го уровня репрезентативности. Высота сиденья выбирается с учетом типа автомобиля.
2. Определяется положение руля, педалей и других основных органов управления.
3. Компонуется посадка пассажира на заднем сиденье (для легкового автомобиля).
4. Ориентировочно определяются геометрические параметры дверных проемов.
4. На сиденье водителя помещается двухмерный посадочный манекен 10-го уровня репрезентативности, и обеспечивается его удобная рабочая поза за счет перемещения сиденья, и таким образом определяется необходимый диапазон регулирования положения сиденья.

5. Определяются параметры обзорности через ветровое окно и нормативного поля обзора.

6. Размещаются зеркала заднего вида, и обеспечивается обзорность через них.

7. Переходят к следующим этапам проектирования внутреннего пространства кабины: компонуется панель приборов, сиденья, элементы интерьера, о чем сказано ниже.

2.3. Компоновка рабочего места водителя трактора

Порядок компоновки рабочего места водителя трактора методически отличается от изложенного порядка проектных работ по автомобилям.

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

Нормируются 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 одноместной кабины и кабины с дополнительным сиденьем, рассчитанные на работу сидя, для сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов приведены на рис. 2.19 и регламентируются ГОСТ 12.2.120-88, а для промышленных тракторов на рис. 2.20 (ГОСТ 12.2.121.88).

ГОСТ 12.2.120-88 установлены размеры одно- и двухместных кабин сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов (рис. 2.19). Для одноместной кабины минимальная высота 1010 мм, минимальная ширина 900 мм на высоте от 310 до 810 мм от горизонтальной плоскости, проходящей через КТС. Ширина двухместной кабины на этой же высоте должна быть не менее 1400 мм. Расстояние от вертикальной плоскости, проходящей точку отсчета сиденья (ТОС), до задней стенки кабины должно быть не менее 365 мм. На рис. 2.19 показано также минимальное расстояние от рулевого колеса до любых конструктивных элементов кабины.

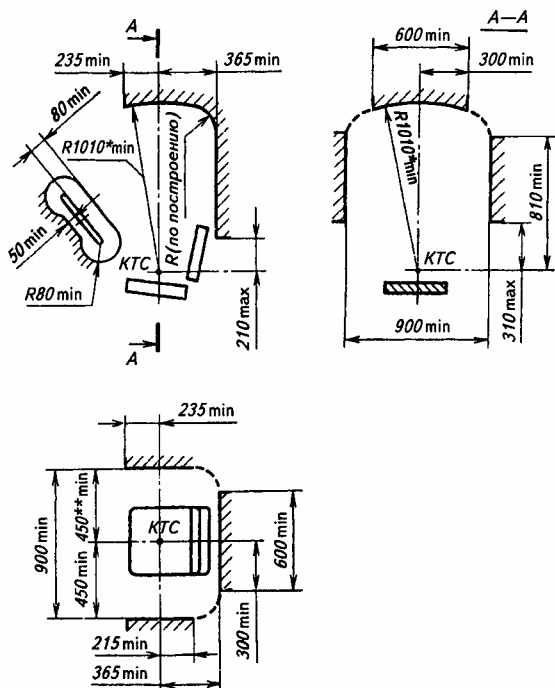


Рис. 2.19. Внутренние размеры одно-местной кабины сельскохозяйственно-го и лесохозяйственного трактора

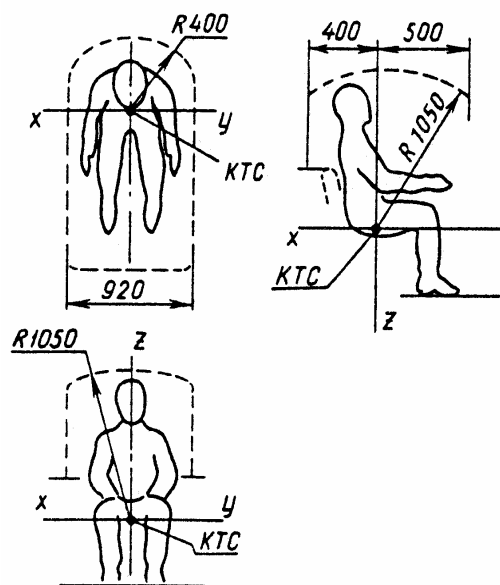


Рис. 2.20. Внутренние размеры кабины промышленного трактора

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 стандартов (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 стандартом. В качестве промежуточных подножек могут быть использованы конструктивные элементы иного назначения.

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.

Стандартом установлены размеры дверного проема при максимально возможном открытии двери (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.

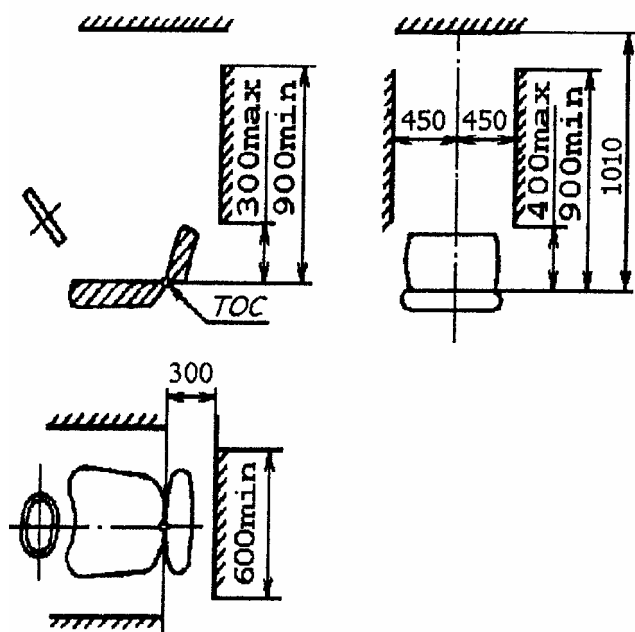


Рис. 2.21. Минимальные значения параметров доступа к рабочему месту тракториста

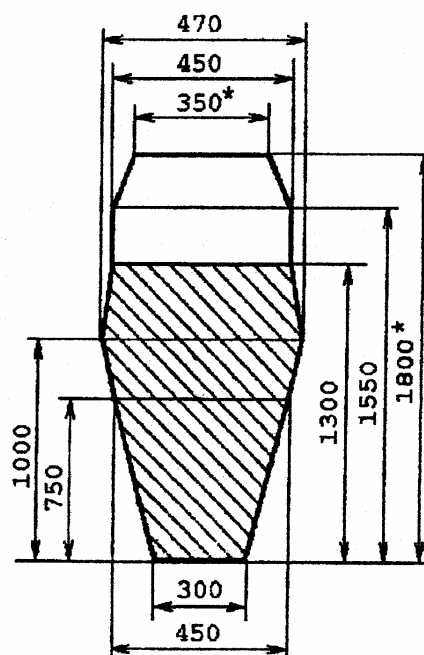


Рис. 2.22. Размеры дверного проема по ГОСТ 12.2.120-88

Кабина трактора должна иметь не менее трех аварийных выходов, которыми могут быть двери, окна, люки, причем каждый выход следует размещать на противоположных сторонах (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 не менее: 600х600 мм для квадратного сечения; 470х650 мм для прямоугольного; 700 мм в диаметре для круглого; или в виде эллипса с главными осями 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 рис. 2.20 отсутствуют данные о продольных размерах кабины на уровне пола. Это объясняется следующими обстоятельствами. Во-первых, при различной высоте сиденья для удобной рабочей позы опе-

ратора 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 положение сиденья должно регулироваться в продольном направлении на величину ± 75 мм, по вертикали на ± 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:

$H (\pm 20)$, мм	435	455	475	495	515	535
$S (\pm 20)$, мм	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 ± 20 мм бесступенчато или с фиксаций не менее чем в четырех положениях по углу и в пяти – по высоте.

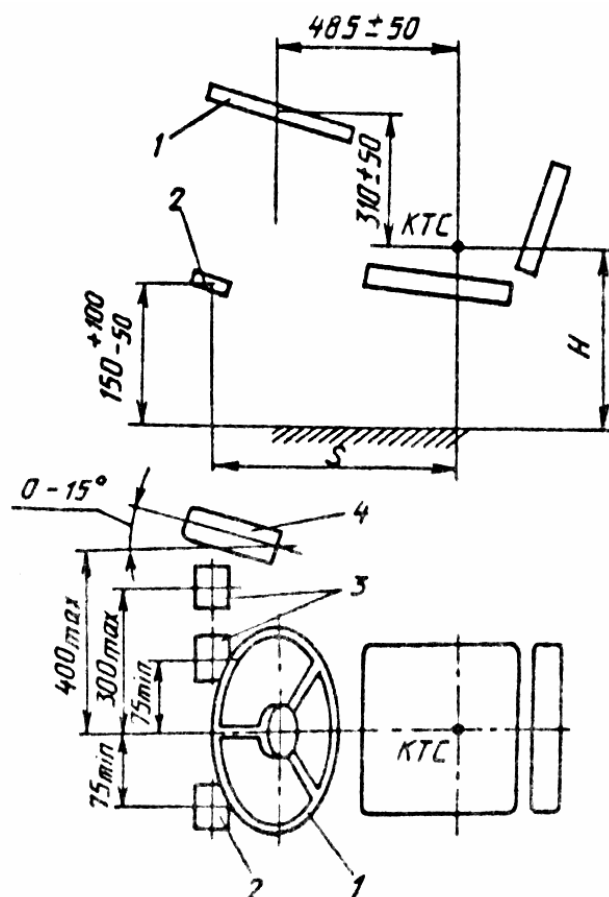


Рис. 2.23. Взаимное расположение сиденья и основных органов управления трактором:

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

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° 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° , 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 особое 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. Основным оценочным показателем приняты 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 контрольной точки сиденья (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. 2.5.

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

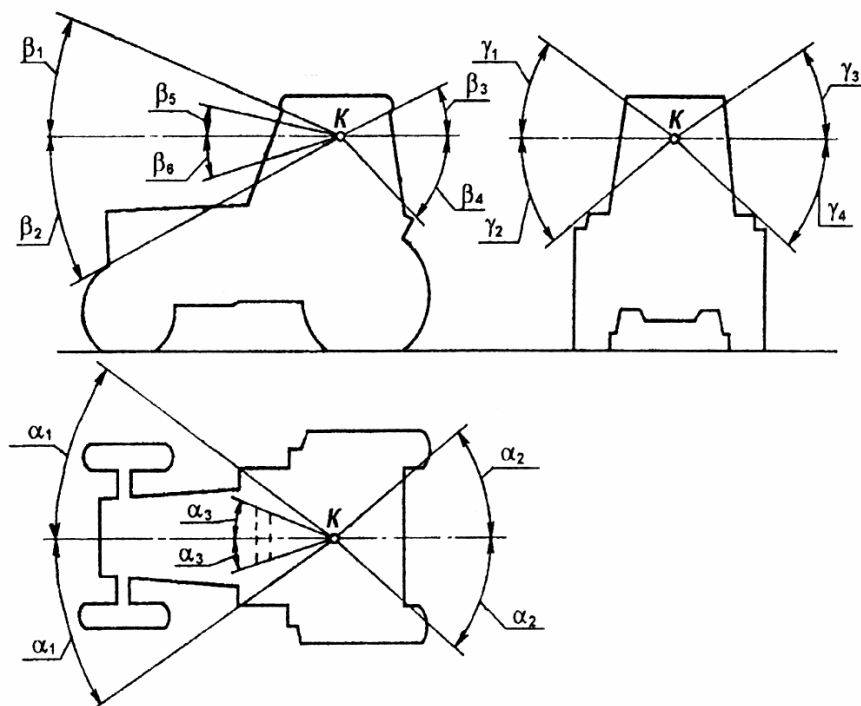


Рис. 2.24. Углы, определяющие обзорность сельскохозяйственного трактора по ГОСТ 12.2.019-86

Таблица 2.5

Углы обзора через окна кабины сельскохозяйственного трактора

Зона обзора	Обозначение угла обзора	Тяговые классы тракторов		
		колесных*		гусеничных всех классов
		0,6...2	более 2	
		Угол обзора, град		
Передняя	α_1	60	60	60
	β_1^{**}	12	8	5
	β_2	35	35	35
Боковая	$\gamma_1 \ \gamma_3$	10	5	5
	$\gamma_2 \ \gamma_4$	35	25	30
Задняя	α_2	30	30	30
	β_3	11	8	8
	β_4^{***}	30	30	30
Передняя (че- рез зону очист- ки стеклоочи- стителя)	α_3	20	20	30
	β_5	8	5	3
	β_6	20	20	20

* Для тракторов тяговых классов 5 и выше со смещенным вправо сиденьем углы обзора должны быть не менее: $\alpha_1=60^\circ$ влево; $\alpha_1=25^\circ$ вправо; $\gamma_2 = 35^\circ$; $\gamma_4 = 20^\circ$.

** Для тракторов, выполняющих транспортные работы на дорогах общей сети.

*** Допускается уменьшение угла до 20° для тракторных самоходных шасси с расположением двигателя позади кабины.

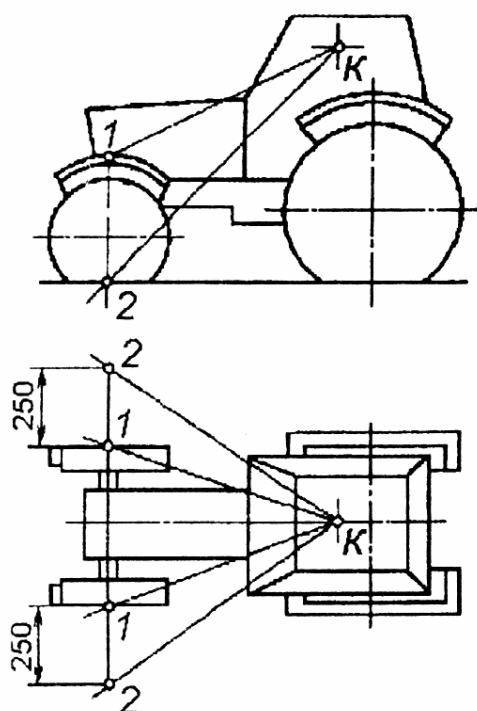


Рис. 2.25. Зоны видимости точек обзора передних колес трактора

обзор передней части гусеницы (точка 1) и участка А (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.

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.

На колесных тракторах общего назначения тяговых классов 3...5 обязателен обзор участка А (рис. 2.26) площади перед передним колесом, а в гусеничных тракторах тяговых классов 2...5 –

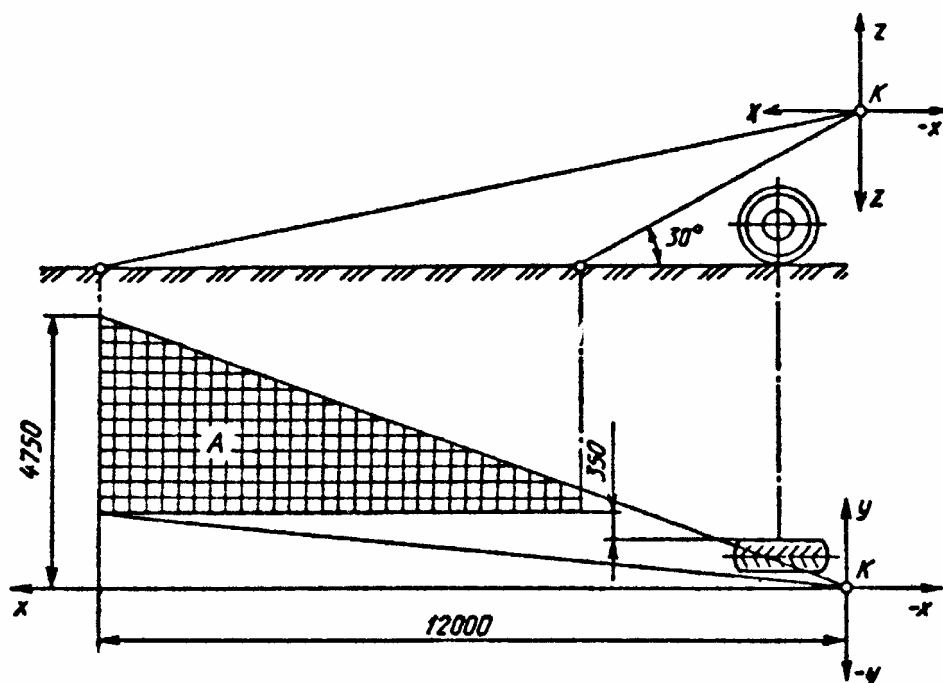


Рис. 2.26. Схема видимости участка А впереди колесного трактора

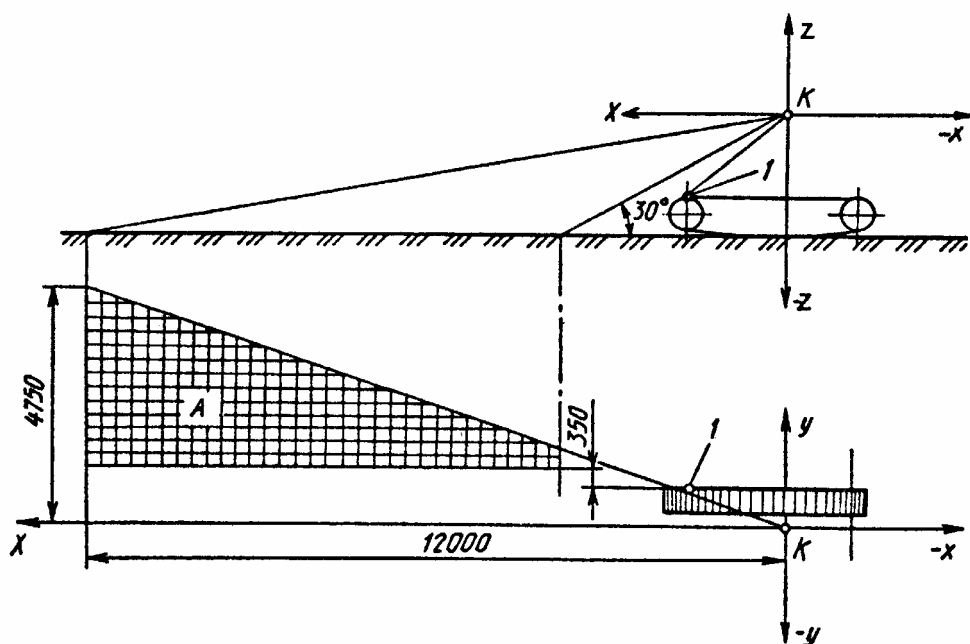


Рис. 2.27. Схема видимости участка A впереди гусеничного трактора и точки 1 на передней части гусеницы

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

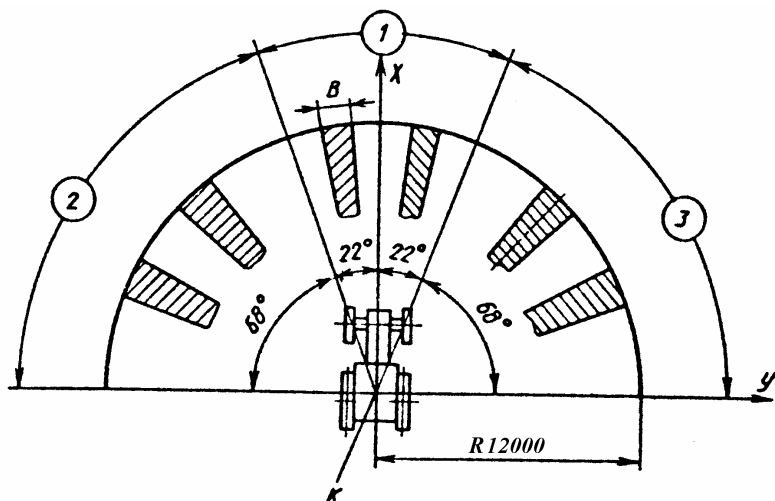


Рис. 2.28. Схема панорамной обзорности (для колесных тракторов класса 5 и выше при $R = 17000$ мм)

ного 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.

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.

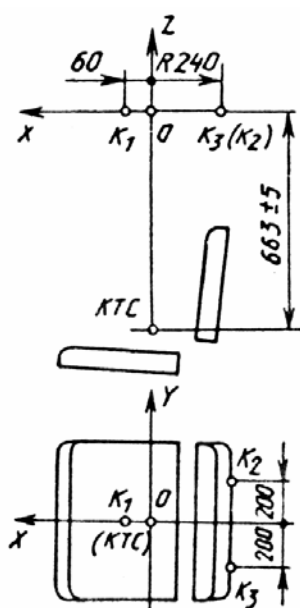


Рис. 2.29. Расположение точек отсчета обзорности промышленного трактора относительно КТС

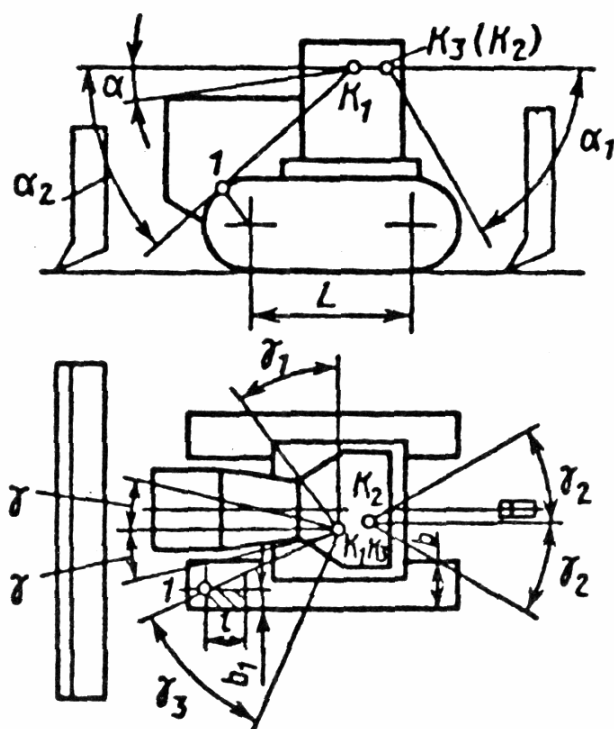


Рис. 2.30. Параметры обзорности промышленного трактора (значения углов – в табл. 2.6)

Наличие трех точек и их расположение объясняется тем, что оператор, например, бульдозера должен практически половину времени работы трактора смотреть вперед, а другую половину, при заднем ходе трактора – назад, оборачиваясь через правое или левое плечо, при этом глаза оператора оказываются примерно в точках K_1 и K_2 .

Передняя зона обзора определяется углами α , γ , α_2 , γ_1 и γ_3 с вершиной в точке K_1 (см. рис. 2.30), а задняя – углами α_1 и γ_2 с вершинами в точках K_2 и K_3 . В передней зоне обзора оператор должен видеть точку I , расположенную на верхней части обвода гусеницы, и участок гусеницы у этой точки (заштрихован) с размерами не менее $b_1 \times l$. При этом $b_1 = 0,2b$, а $l = 0,1L$, где b – ширина гусеницы; L – продольная база трактора.

Таблица 2.6

Углы, определяющие зоны обзора промышленного трактора, град

Углы, определяющие обзорность (по рис. 2.30)	Трактор тягового класса		
	6; 10; 15	25; 35; 50	75
Передняя:			
α	9	8	7
γ	9	9	9
Передняя со стороны наблюдения: дополнительного, γ_1 преимущественного:	20	32	30
γ_3	20	32	30
α_2	35	32	30
Задняя:			
α_1^*	50	45**	43
γ_3	40	30	30

* В направлении на зуб рыхлителя.

** Кроме трактора с передним расположением кабины.

При работе промышленного трактора оператор должен видеть поверхности и объекты, показанные на рис. 2.31. Числовые значения величин, обозначенных на рис. 2.31, приводятся в стандарте.

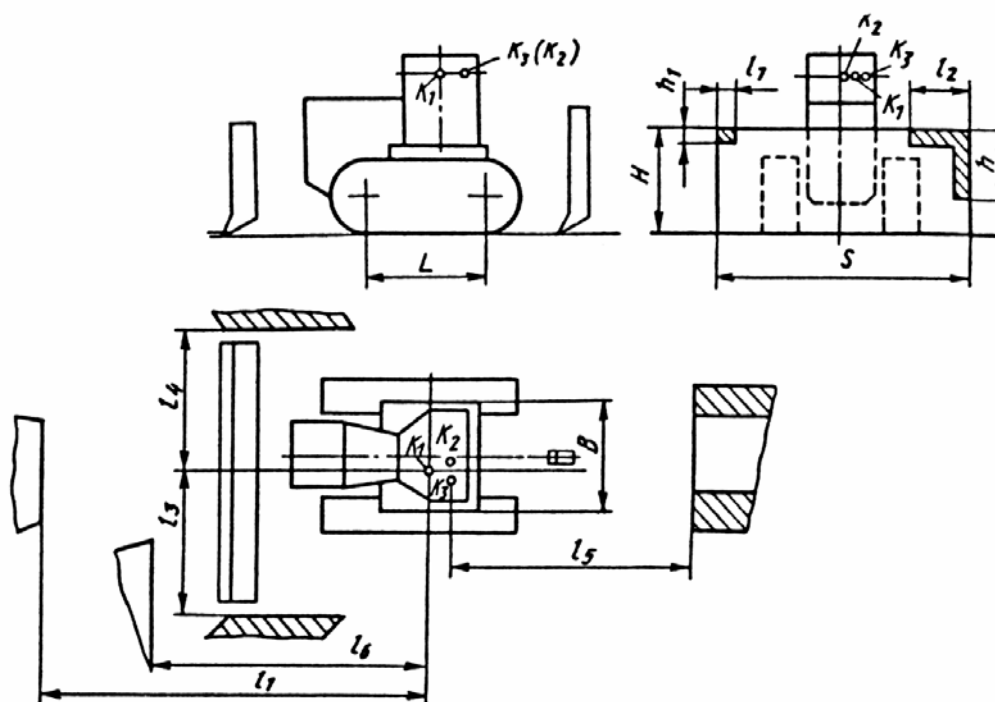


Рис. 2.31. Объекты наблюдения оператора промышленного трактора:
 L – продольная база трактора; B – поперечная база трактора; S – ширина отвала

3. РАЗРАБОТКА ПАНЕЛИ ПРИБОРОВ

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. Основным 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 т.п. Они должны быть расположены перед водителем в доступных для обозрения местах. Основная часть СОИ помещается на панели, которую принято называть панелью приборов.

3.1. Общая компоновка приборной панели

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 V_1 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, проводим 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_1 . Затем из точки V_2 так же проведем два луча, 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.

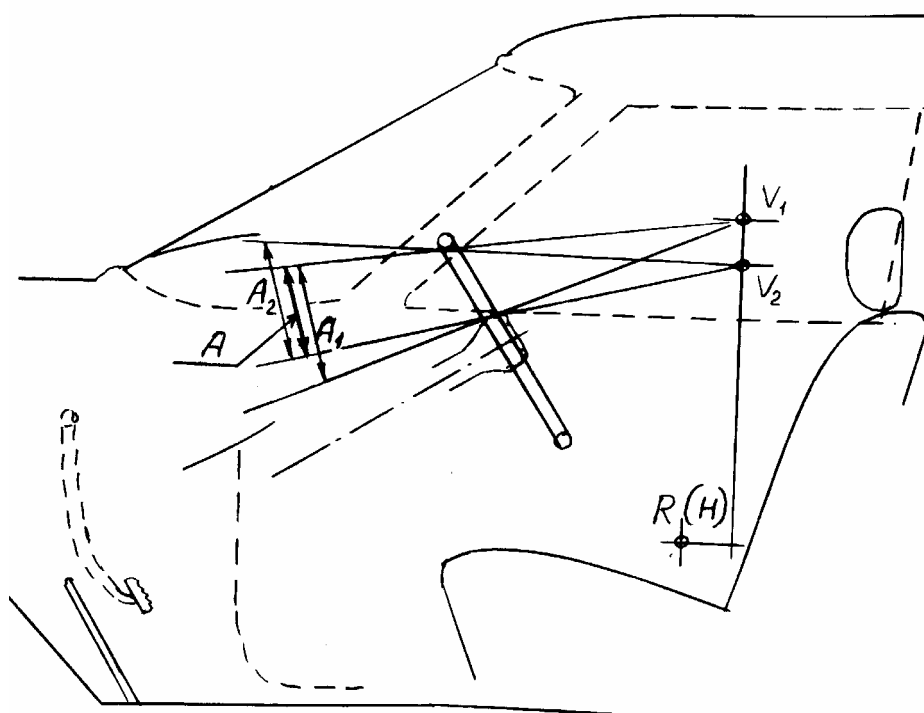


Рис. 3.1. Построение зоны расположения панели приборов

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 (деления 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. Как обычно, место расположения панели приборов по глубине решается компромиссом.

Рис. 3.1 определяет 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 P). Таким образом, водитель может видеть лишь зону, выделенную на рисунке штриховкой. Здесь и следует располагать основные средства отображения информации.

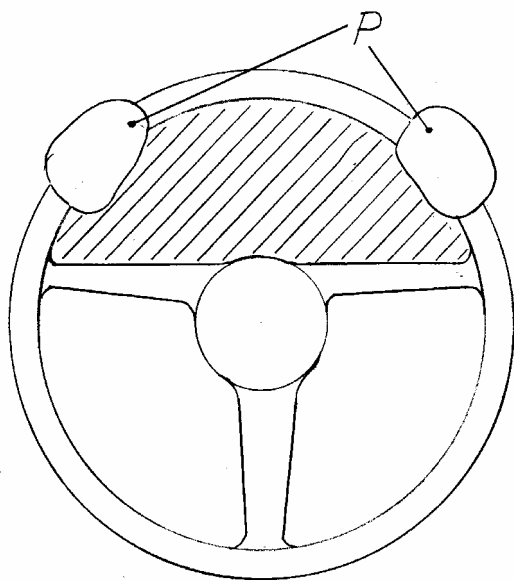


Рис. 3.2. Зона обзора панели приборов через рулевое колесо

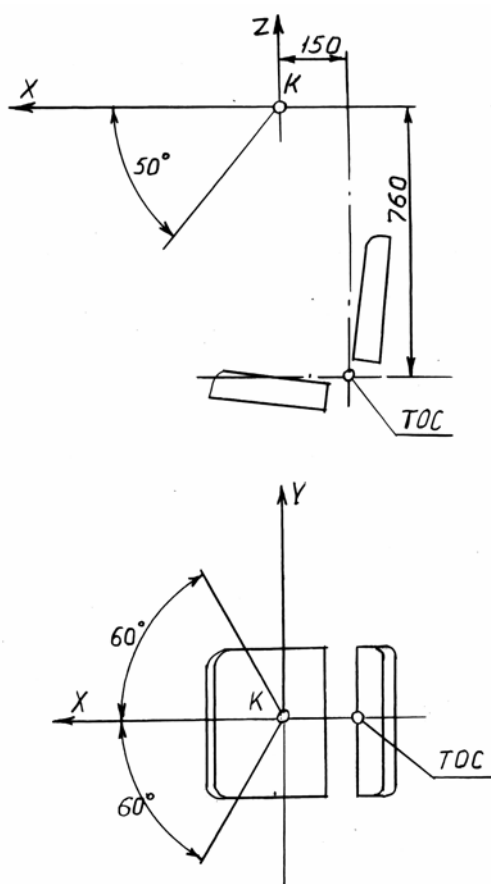


Рис. 3.3. Углы, определяющие зоны расположения средств отображения информации трактора

Как и рис. 3.1, заштрихованная область рис. 3.2 также не дает полного представления о реальной зоне, в которой следует поместить панель приборов. Как известно, человек имеет бинокулярное зрение, и за счет этого 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, где можно размещать средства 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 рабочего места водителя трактора следует руководствоваться действующими стандартами, касающимися размещения средств отображения информации (ГОСТ 12.2.019–86).

Схема, показывающая зоны возможного расположения контрольно-измерительных приборов на тракторах, приведена на рис. 3.3. За исходную точку, относительно которой проводятся построения при компоновке расположения приборной панели, при-

нимается точка отсчета параметров обзорности K . Ее положение, в свою очередь, определяется относительно точки отсчета сиденья ТОС (см. главу 2). Расстояние от точки K до поверхности приборов, имеющих шкалы и буквенно-цифровой алфавит, должно быть в пределах 500...850 мм.

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 величины этих углов даны ориентировочно. Конкретные их значения следует принимать в соответствии с действующими стандартами. В технически обоснованных случаях средства отображения информации 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 внешнюю 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 в связи со средствами отображения информации, 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 характером фона;
- структуры информационного поля;
- маршрута движения глаз;
- разнообразия элементов информационного поля.

Одна из основных рекомендаций: количество 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, выделить цветом или как-то иначе обозначить данную группу устройств. Так же целесообразно выделить средства отображения информации о параметрах движения автомобиля (скорости, пройденного пути, суммарного пробега). Иначе говоря, структура информационного поля должна быть упорядочена.

В главе 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 отражения информации в сознании человека имеет несколько стадий, что требует определенного времени. Предоставление информации цифровым устройством сразу дает некоторое число и, следовательно, требует меньше времени от человека для ее восприятия и исключает 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, количество отработанных дизелем моточасов и др.

Устройства зрительной информации могут иметь различное оформление. Выше 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 используются дисплей, когда на экране постоянно изображается, например, 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 количестве контролируемых систем расположить индикаторы непосредственно на панели приборов обычно не удается, и тогда их помещают на отдельном табло, которое находится, на-

пример, 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, то 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 привлекательного 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 пара-

метра, 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.

Выше упоминалось, что 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 ра-

боте 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 движителя, частоту вращения вала отбора мощности, площадь обработанного поля и т.п.).

3.3. Правила проектирования шкал приборов

В главе 1 упоминалось о методике оценки времени реакции человека на тот или иной сигнал. Подобная методика используется и для оценки свойств шкал автомобильных приборов. Для этого используют исследовательский моделирующий комплекс, представленный на 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 назвать эти показания. Оценивается время речевого ответа и правильность считывания показаний прибора (процент ошибок).

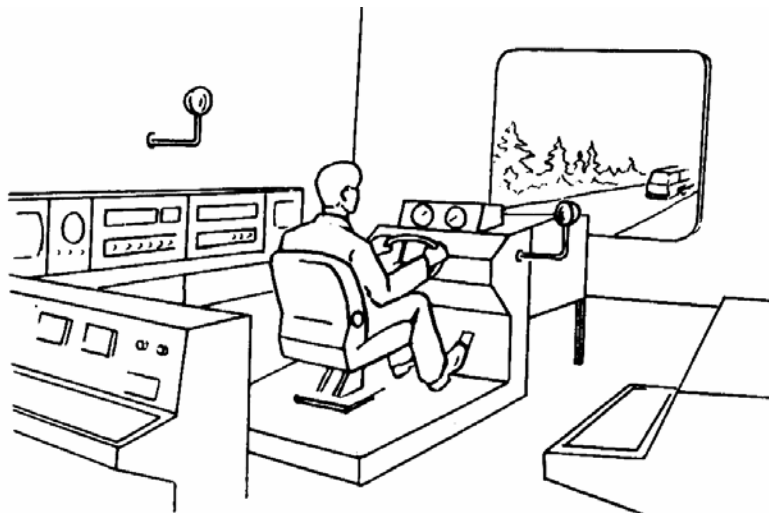


Рис. 3.4. Исследовательский моделирующий комплекс

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.

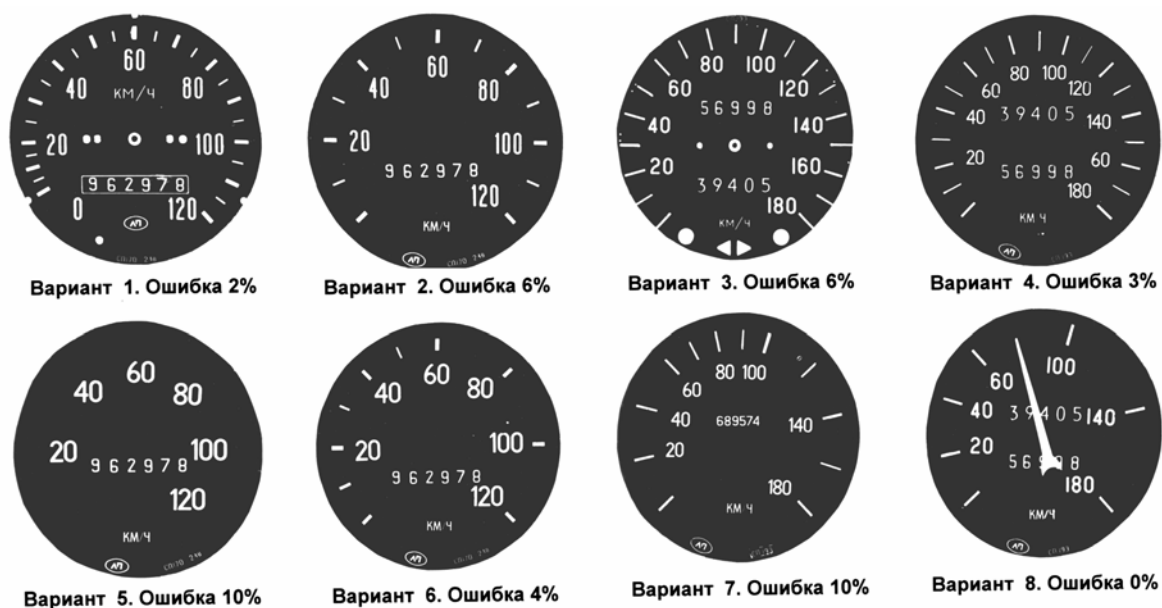


Рис. 3.5. Различные варианты шкал спидометра и полученные при испытаниях ошибки считывания показаний

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 ($0 - \frac{1}{2} - 1$). Аналогичным образом, нет смысла на шкале спидометра между основными делениями шкалы с десятичным модулем оцифровки (10, 20, 30 и т.д. км/ч) проставлять 9 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. Шкала прибора должна быть равномерной. Это важное эргономическое требование. Однако известно, что многие измерительные устройства, применяемые на автомобилях и тракторах, и, соответственно, шкалы их приборов, имеют существенную нелинейность. Выход заключается в компромиссе: оцифровка делается равномерной, а основные деления, соответствующие оцифровке, наносятся в тех местах, где они должны быть для указания соответствующих оцифровке величин. 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 или более км/ч (см. рис. 3.5).

Возрастание показаний приборов поясняется рис. 3.6.

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.

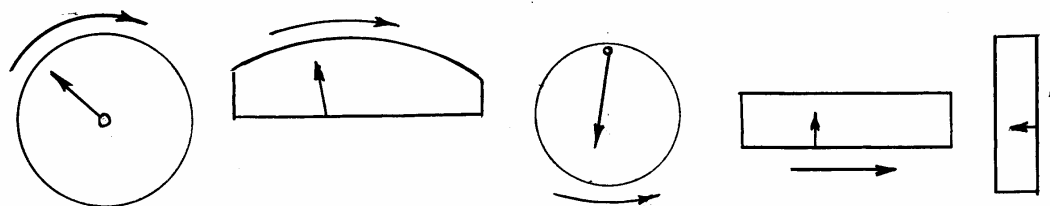


Рис. 3.6. Направление движения стрелки прибора при возрастании показаний

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 5 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. Объясняется это 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, несущих наиболее важную информацию, желательно выполнять диаметром 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 прибо-

ра – 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 выполняется 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 светом разных цветов. Считается, что наиболее приятен для глаз зеленый цвет, но в ряде случаев в последние годы подсветка выполняется бледно-красным светом, такой цвет используется и на многих самолетах. На дорогах 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 ниже.

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 пока-

зано, 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.

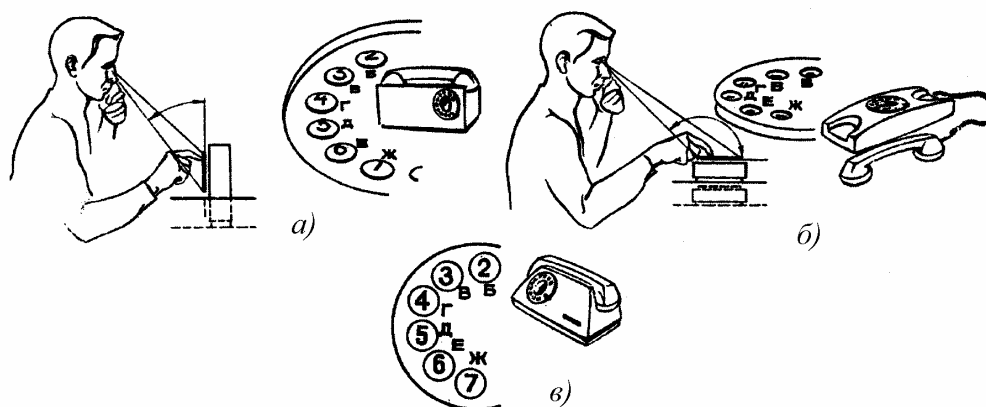


Рис. 3.7. Вид наборного диска телефонного аппарата при различных углах обзора:

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 увидит 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 им придают специальную форму. Эффект от применения покровных стекол различных форм поясняется на рис. 3.8.

Если над панелью приборов имеется нависающий сверху козырек, а сама панель прикрыта наклоненным вверх стеклом (см. рис. 3.8, *а*), 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.

Часто нижнюю часть рамки вокруг панели приборов не удастся сделать достаточно глубокой, и отодвинуть от панели нижнюю кромку стекла оказывается невозможным. Тогда стекло наклоняют вниз (см. рис. 3.8, *б*), и

в нем оказывается отражение нижней, неосвещенной, части кабины, что также дает положительный эффект.

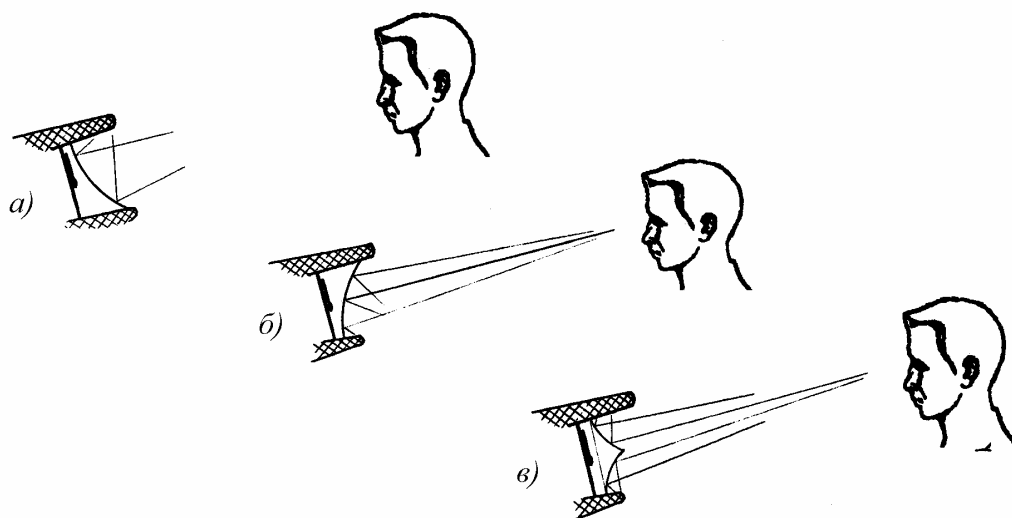


Рис. 3.8. Формы покровных стекол приборной панели:
 а – цилиндрическое стекло с наклоном вверх; б – цилиндрическое стекло с наклоном вниз; в – стекло для круглого прибора

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,в. 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.

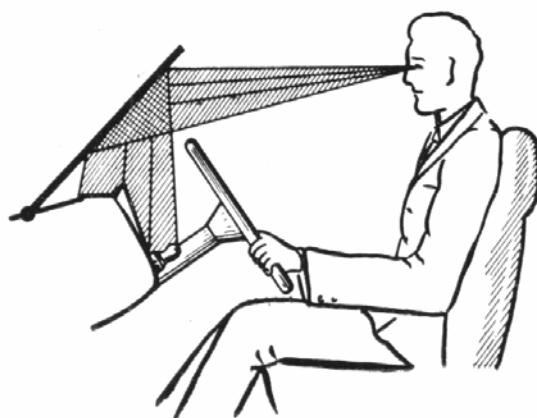


Рис. 3.9. Отражение приборов в переднем стекле

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

4. ОСНОВЫ ХУДОЖЕСТВЕННОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

4.1. Теория промышленного дизайна

Дизайн (от англ. *Desing* - замысел, проект, чертеж, рисунок) – это художественно-конструкторская деятельность в промышленности, охватывающая творчество дизайнера (художника-конструктора), методы и результаты его труда и условия их реализации в производстве. Цель дизайна - создание новых видов и типов промышленных изделий высокого технического уровня, отвечающих требованиям общественной пользы, удобства эксплуатации и красоты.

Формообразование в технике во многом определяется особым, только ей присущим характером связи разрабатываемого объекта и человека, иными, чем в архитектуре, функциональными процессами, иным влиянием конструкции на форму и наоборот. Одним из направлений промышленного дизайна является теория художественного конструирования автомобилей и тракторов, которая тесно связана с теорией композиции, являющейся частью комплексной науки - технической эстетики, лежащей на стыке ряда наук и областей деятельности.

Теория композиции базируется на двух основных категориях: тектоники и объемно-пространственной структуре.

Тектоника дает представления о характере работы конструкции и материала, определенным образом выраженных в конкретной форме.

Второй не менее важной категорией композиции является объемно-пространственная структура изделия. 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.

Важным условием целостности объемно-пространственной структуры является ее общая упорядоченность. Только упорядоченность, то есть сознательно или подсознательно прочитываемый принцип ее построения, делает структуру гармоничной. Если упорядоченность отсутствует и связи элементов случайны, восприятие структуры затрудняется. В результате 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 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. Здесь речь идет не только о технических общностях, поскольку любая конструкция так или иначе состоит из них (отдельные узлы и агрегаты автомобиля и трактора), но и 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.

Взаимосвязь тектоники и объемно-пространственной структуры. 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.

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 (применительно к автомобилю - при поездке в нем). Часто разработанные дизайнером промышленные изделия только на основании отработки их внешней формы, а не идущие от конструктивной основы изделия, не находят применения.

Изучение механизма восприятия формы дизайнером весьма полезно в творческом плане, поскольку помогает раскрыть сущность профессиональной интуиции. Конечно, огромное разнообразие форм в технике не позволяет всякий раз быстро делать вывод о позитиве или негативе изделия. Обращение к первоначальным эмоциональным импульсам, отражающим восприятие определенных свойств и качеств формы, в системе анализа закономерностей ее развития может явиться дополнительным средством для изучения формы. Для этого могут быть предложены следующие, представленные в табл. 4.1, этапы анализа.

Для достижения композиционной целостности формы дизайнер должен соподчинить основные формообразующие элементы изделия.

Композиционное равновесие - это такое состояние формы, при котором все элементы изделия сбалансированы между собой.

Одним из наиболее ярких и наглядно проявляющихся свойств композиции является симметрия. Во-первых, это свойство - состояние формы;

во-вторых - средство, посредством которого организуется форма; в третьих - наиболее активная закономерность композиции.

Таблица 4.1

Анализ восприятия свойств и качеств формы изделия

Этап	1	2	3	4	5	6
Результат восприятия	Первоначальное впечатление	Суждение	Анализ композиции на основе теории строения формы	Выводы	Сопоставление суждений 1-го этапа с выводами 3-го	Окончательное решение

Применительно к колесному транспорту важным качеством композиции является динамичность. Форму активно односторонне направленную, как бы вторгающуюся в пространство, принято называть динамичной. Если динамичность ярко выражена, она может стать главным, определяющим композицию, качеством. 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, и в первую очередь спортивно-гоночные, междугородные автобусы, магистральные автопоезда. В этом случае построение их динамичной формы в значительной мере определяется законами и требованиями аэродинамики.

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

Эстетические требования представляют собой потребность человека в выражении потребительских 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.

И н ф о р м а т и в н о с т ь ф о р м ы 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 строении формы, а также за счет наличия знаковых элементов-эмблем, символов общепринятых кодов, надписей.

Композиционное совершенство формы требует наличия в ней главного мотива - идеи, которая ложится в основу всего композиционного строя. Отсутствие композиционной идеи в форме автомобиля и трактора разрушает его целостность.

Второе требование композиционного совершенства - соответствие композиционной основы функционально-конструктивной характеристики машины, т. е. согласованность его 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, а в зоне радиатора 650 мм. Для улучшения обзора передней навесной системы капот двигателя выполнен наклонным.

Третье требование - 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 машинно-тракторного агрегата (МТА). Целесообразно исключить выполнение требования по способности гармонизации вхождения в комплекс МТА и комбайнов. В то же время выполнение землеройных работ комплексом машин и их гармонизация могут быть выполнены в отношении всех технических средств. Это относится к группе 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 функцию самостоятельности, в первую очередь к автомобилям.

Приведенная выше группа единичных требований - предпосылка 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 народностей.

Задача дизайнера - 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 тракторов свойственно единство образа. Соответствие формы и элементов выбранному материалу, физические свойства пластичности материала накладывают ограничения на формальные черты. Физическое свойство пластичности материала переходит в понятие технической эстетики, а художественного конструирования - в пластичность формы. Под пластичностью формы понимают согласованное проявление в ней объемно-пространственной структуры, пластичности материала и закономерностей 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 на его форму как в целом, так и 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. Различие в условиях эксплуатации, рабочих и транспортных скоростях, размерах шин и т. п. наложили отпечаток на конструкцию и форму трактора. Создание условий для выполнения функций оператором достигается, прежде всего, условиями труда, его тяжестью. 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 существующей конструкции, дизайнер обязан знать существующую технологию, возможности производства. Эти знания не должны быть тормозом разработке нового проекта, так как при художественном конструировании не только создаются более совершенные формы, но и требуется модернизация производства, создание новой технологии, использования 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, который будет рассмотрен ниже.

Социально-экономические требования выражают взаимоотношения потребителя с отдельными изделиями промышленности и искусственной предметной средой в целом и 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; экономичности изделия и его эксплуатации. Завершающим требованием является соответствие формы изделия высшим достижениям отечественного и зарубежного уровня. 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 многообразие в техносфере себя не окупает. Можно привести примеры 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 старением конструкции. Под модой понимают социально-психологические явления образования типов поведения и идеалов образцов предметов, их формы, господствующих 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 «старения» конструкции, модели и ее формы.

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

Средства 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 эстетическую форму.

Тектоника. Под тектоникой (от греч. *tektonikos* – относящийся к строительству) 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 их частично или ложно. Например, крупный элемент трактора или автомобиля выглядит напряженным в то время, как он не несет больших нагрузок. К числу таких примеров можно отнести ограждающие кожухи, которые не следует маскировать под элементы, работающие под нагрузкой. Закономерность тектоники не может использоваться дизайнерам вне связи с материалом, использованием 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.

Метрический повтор. Ритм. Метрический повтор (метр) в композиции – повторение какого-либо элемента. Под ритмом в технической эстетике понимают повторность тех или иных сходных составляющих формы и композиции через определенные соизмеримые промежутки. 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. Окружность 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 классической компоновки прослеживается ритмическое течение зримых масс от сравнительно малых пе-

редних 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 метр, составленный из окон, дверей и промежутков между ними в форме конструкции кузова автобуса. Метр выглядит законченным, если его крайние промежутки больше остальных.

Акцент. Акцент в технической эстетике - выделение художественными средствами какого-либо элемента формы. Акцент увеличивает ее выразительность. Для акцентирования используют самые разные закономерности и средства 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, выполненных с прямоугольной формой стекол.

Нюанс. Под нюансом в технической эстетике понимают закономерность тонкой проработки формы, придающей ей особое свойство пластичности. Закономерность нюанса широко используется как средство формообразования для выражения тектоничности акцентирования элементов формы предмета, образования метра и ритма. Она приобретает 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.

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 стройность. В технике степень обусловленности формы конструкцией значительна. Трудно представить себе пропорционирование автомобиля (трактора) до определения кинематической схемы его трансмиссии и общей компоновки. 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 и опережают отработку формы, в результате чего пропорции автомобиля (трактора) являются производными от его 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 технике, в том числе автотракторостроении, исключается подход от формы к 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. В качестве модуля пропорций тела человека принята линейная величина, равная 50 мм. Пропорции тела человека называют золотым сечением. Золотое сечение (гармоническое деление в крайнем и среднем отношении) - это деление отрезка на две части. Представленное на рис. 4.1 отношение величин в золотом сечении приблизительно равно 0,618. Оно прослеживается во всех частях тела человека. Среди других пропорций, делающих форму красивой, используют арифметическую и геометрическую пропорции (рис. 4.2).

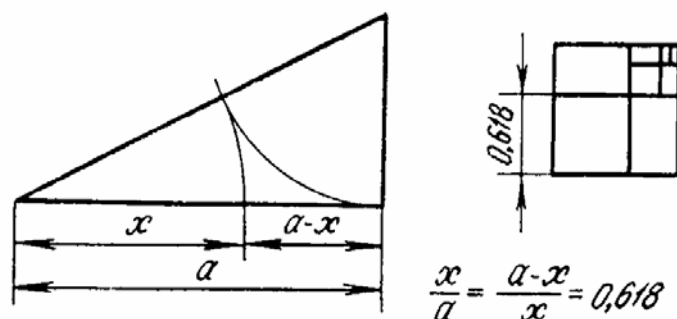


Рис. 4.1. Пропорции золотого сечения

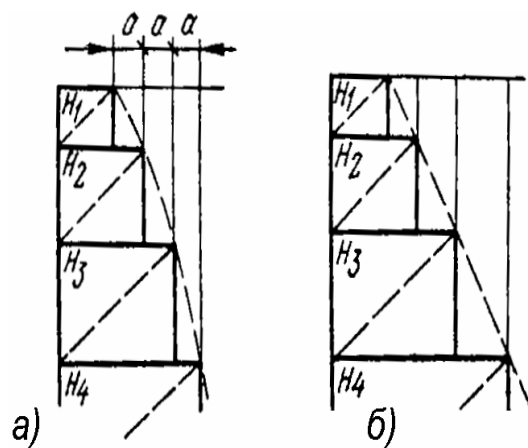


Рис. 4.2. Геометрические пропорции:
а – арифметическая; б – геометрическая

Отношение золотого сечения может быть получено и расчетным путем. Для этого используется ряд чисел Фибоначчи, который представляет собой числа натурального ряда, отличающегося тем, что каждое из них, начиная с третьего, равно сумме двух предыдущих: 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, обусловила 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 расположении частей и целого относительно осевой линии, центра. Различают осевую, зеркальную и центральную симметрии. Все они используются в автотракторостроении. 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. Еще сложнее решать проблему симметрии 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. Эта композиция относится к МТА и может дать тонкое своеобразие и оригинальность. Примером асимметрии, вызванной функциональной необходимостью, может служить трактор ДТ-175С Волгоградского тракторного завода. Кабина смещена вправо от оси трактора, что улучшило 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 уравнированность масс относительно главного элемента композиции. У трактора, как уже говорилось, такими элементами являются ходовая часть и система навески. Уравнивание масс трактора должно осуществляться с учетом агрегируемой машины относительно продольной базы, определяемой положением движителей. Нарушение закономерности равновесия масс при асимметрии приводит к нарушению закономерностей тектоники и ритма.

Цвет и свет. 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. Системы цветовых гармоний приведены на рис. 4.3.

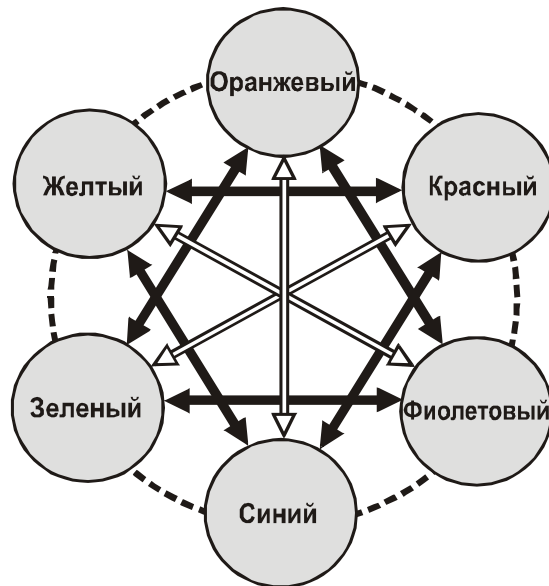


Рис. 4.3. Система цветовых гармоний:
штриховая линия - нюансная; белая линия - контрастная; черная -
гармоничная триада

Система гармонического сочетания цветов получила название колорита. 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 капота двигателя, который не должен сливаться по цвету с фоном поля, окраску кожухов и ограждений вращающихся частей машины в цвет, отличный от основного.

Чем крупнее машина, тем светлее должна быть ее окраска, и наоборот. Но это требует нюансной проработки формы при исправлении 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. Применительно к трактору остов целесообразно окрашивать в более темные цвета, что зримо 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 - 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, яркость, делает 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 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 дизайнера 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 и 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 воссозданные человеком (все изделия). Они делятся на расчетные (формы винта судна, крыла самолета) и относительно производственные, порожденные фантазией как структура в формах функциональности изделия. Расчетные и относительно производственные формы, в свою очередь, разделяют на постоянные и переменные. Примером переменных могут служить формы автомобилей, тракторов 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 эстетическую 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 размера 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. 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. 4.4. показаны различные схемы композиции автомобиля, а на рис. 4.5 - трактора.

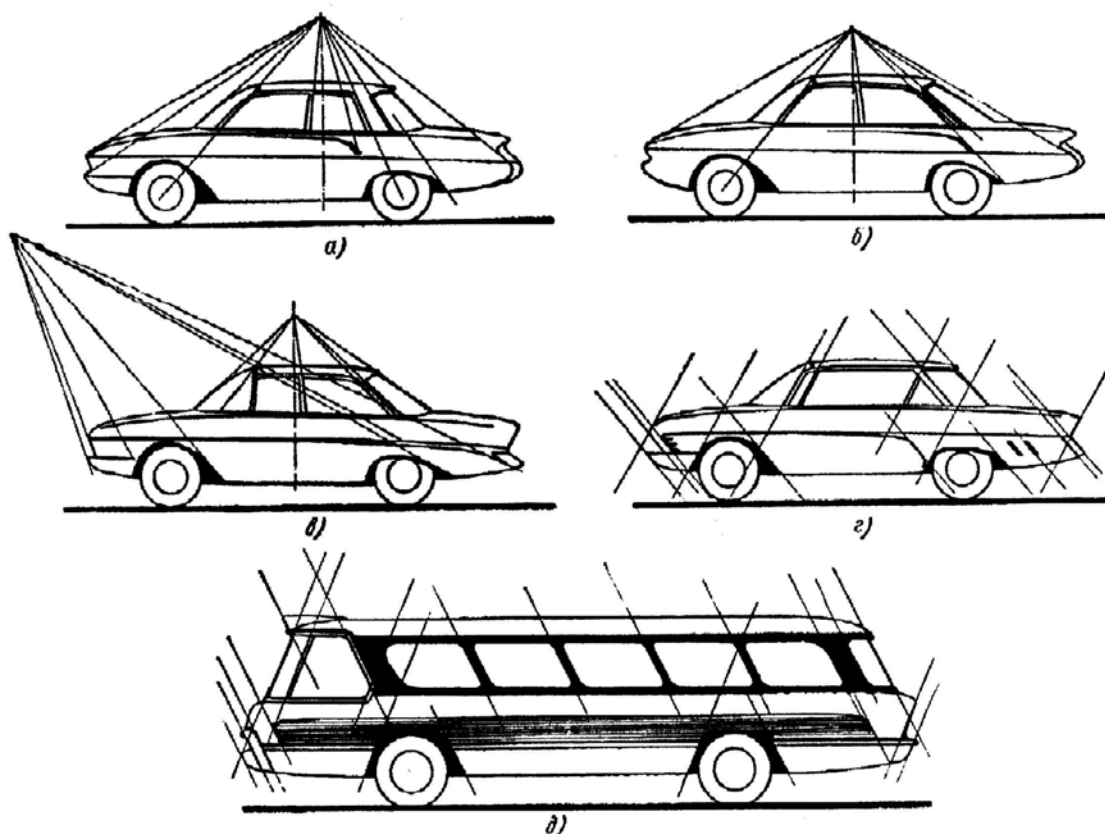


Рис. 4.4. Различные схемы композиции автомобиля на основе основных линий абриса и формы:

а, б – сходящихся в одной точке; *в* – выходящих из двух точек; *г, д* - параллельных под двумя углами

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 или трактора и является их составной частью.

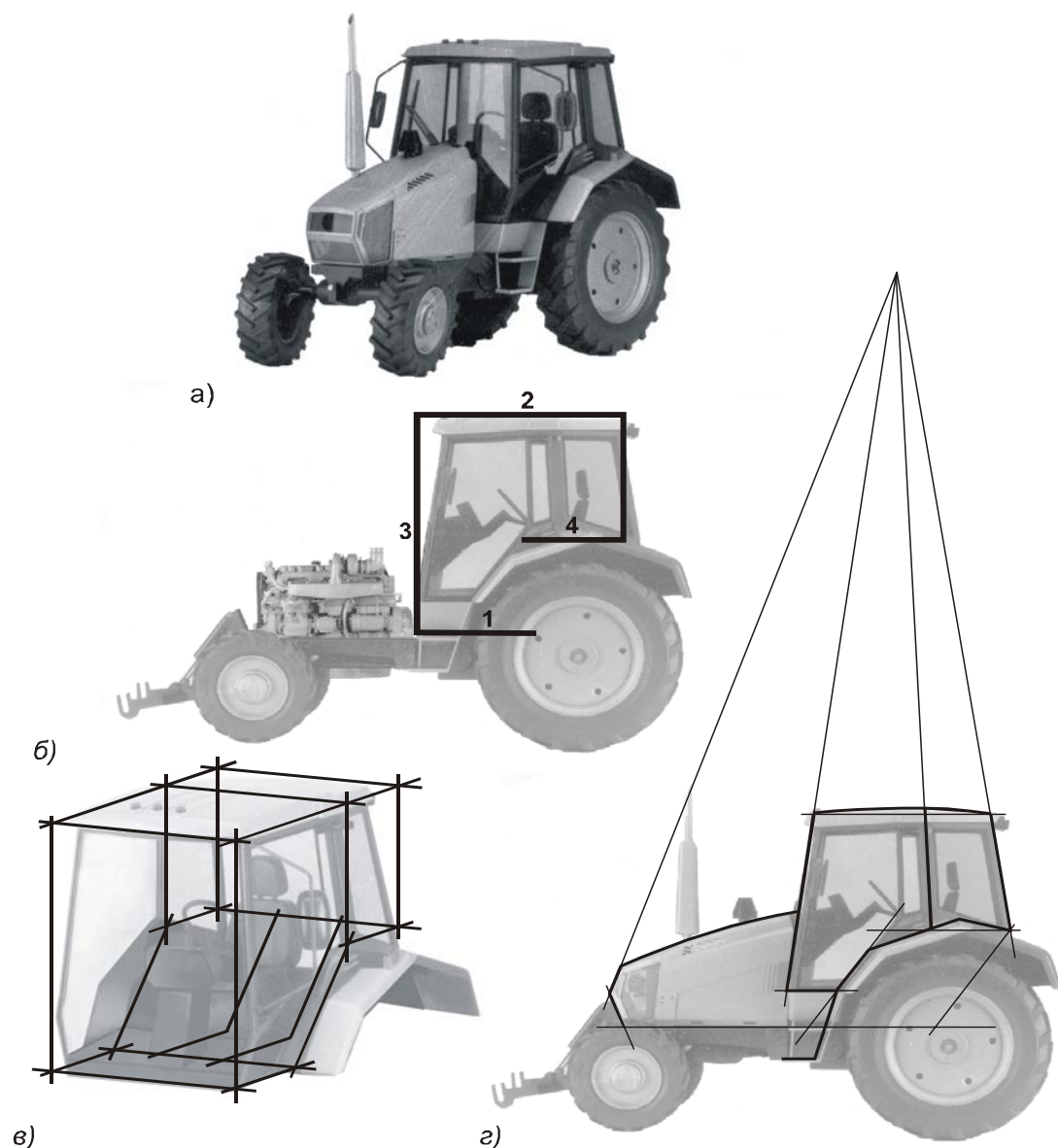


Рис. 4.5. Схемы композиционного поискового построения формы трактора: *а* - форма трактора; *б* - место расположения кабины на остове трактора; *в* - безопасный каркас кабины; *г* - упорядочение элементов формы на основе сходящихся в одной точке основных линий абриса формы

Этапы создания художественного проекта автомобиля или трактора соответствуют основным этапам их создания. Высокое качество нового автомобиля или трактора не может быть обеспечено без участия дизайнера. Работа дизайнера 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. 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 па-

тентной чистоты и соответствия действующим стандартам; выбор базового показателя (образца) качества для сравнительной оценки уровня разрабатываемого автомобиля или трактора на стадии проектирования.

Художественно-конструкторский синтез. После выполнения художественно-конструкторского анализа, намеченных морфологической и аксиологической схемы нового автомобиля (трактора), выраженных в конкретных требованиях к создаваемому объекту, разрабатывается идеал, замысел конструкторского и композиционного решений.

Работа по конструкторско-художественному синтезу включает:

- разработку композиционных эскизов и рисунков формы проектируемого автомобиля (трактора) в уменьшенном масштабе 1:5;
- изготовление масштабных моделей автомобилей в масштабе 1:5 или 1:2 для аэродинамических испытаний;
- разработку натурного чертежа автомобиля (трактора) в масштабе 1:1;
- выполнение натурного макета автомобиля (трактора) в масштабе 1:1;
- разработку эскиза и выполнение посадочного макета с рабочим местом водителя (оператора) и пассажиров (сиденья, органов управления и их размещения, приборной панели);
- выполнение плазового чертежа поверхности кузова автомобиля (трактора) и мастер-моделей их формы.

Композиционные эскизы и рисунки выполняют в нескольких вариантах с учетом возможного обзора автомобиля или трактора под различными углами. Они должны отражать в общих чертах идею, замысел конструкции, формы и композиции нового автомобиля (трактора). Эскизы и рисунки автомобилей (тракторов) выполняют в зависимости от их размеров в масштабе 1:5 или 1:10 со строгим соблюдением законов перспективы во избежание больших искажений, хотя они все же неизбежны. Степень искажения значительно ослабляется за счет выполнения макетов, служащих для совершенствования разработки формы и композиции. Макеты или модели выполняют на первом этапе в том же масштабе, что эскизы и рисунки. Макеты и модели в выбранном масштабе выполняют на металлической разметочной плите размером не менее 1500×800 мм с нанесенной на ее поверхности сеткой, размером 40×40 мм при масштабе макета 1:5 или 20×20 мм при масштабе 1:10.

По мере готовности макета такую же сетку наносят на его поверхности. Таким образом, получают объемную сетку, облегчающую снятие с поверхности модели шаблонов необходимых для разработки чертежей формы создаваемого автомобиля (трактора). В качестве материала при изготовлении макета применяют пластилин, обладающий хорошими формовочными качествами. Экономия пластилина может быть достигнута при этом за счет использования наполнителя макета из другого материала, например деревянной болванки. В процессе работы над макетом уточняются эстетические свойства автомобиля (трактора) и его форма. Применительно

к скоростным автотранспортным средствам проводятся испытания масштабных моделей в аэродинамической трубе для улучшения их аэродинамических свойств.

Рассмотренный метод художественно-конструкторского синтеза относится к традиционным и наиболее распространенным в автотракторостроении. 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.

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. После этого ведется рабочее проектирование кузова (кабины), окончательная сверка и отработка их рабочих чертежей, по которым изготавлиются в металле первые образцы будущего объекта производства. В ходе изготовления первых образцов кабин и кузовов осуществляется авторский надзор со стороны разрабатывавших их дизайнеров.

4.2. Методы разработки форм кузовов и кабин

Внешняя форма автомобиля или трактора определяется множеством факторов:

- назначением и типом машины;
- основными эксплуатационными свойствами машины, которые непременно находят отражение в ее облике (скорость, грузоподъемность, маневренность, проходимость и др.);
- запросами и пожеланиями заказчика разработки;
- тенденциями развития машин данного типа;
- кругом возможных пользователей или покупателей;
- ценой изделия;
- основными материалами, которые будут использованы для изготовления кузова или кабины, их технологическими особенностями;
- требованиями моды;
- аэродинамикой машины;
- климатическими особенностями предполагаемых регионов эксплуатации;
- различными стандартами, нормами и правилами, в частности, определяющими активную и пассивную безопасность машины;
- вкусами и профессиональной подготовленностью дизайнера;
- многими другими факторами.

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, если он предусматривается, или груза, если автомобиль грузовой. Чаще всего разрабатывается 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 модификации кузова или кабины, расположение световых и сигнальных устройств, возможные варианты окраски и тому подобные сведения.

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, дорога 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 работы, анимационная графика обычно выполняется упрощенной, без излишней детализации. Демонстрация машины в движении не только позволяет разработчику более обоснованно определить общую концепцию внешнего вида машины, но и продемонстрировать это заказчику, что на стадии эскизного проектирования особенно важно для принятия направления дальнейшей работы.

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

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

Прежде всего, разрабатывается **м а с ш т а б н ы й м а к е т**. Часто создается 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. 4.6.

Чтобы обеспечить необходимую прочность макета, вначале из деревянных реек, фанеры, жесткого пенопласта делается каркас («болванка»), по размерам немного меньше, 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. 4.6. Это скребки разных видов и форм. Обычно их изготавливает сам дизайнер в соответствии со своими вкусами. Часто лезвие скребка делается с мелкими насечками, тогда при «протягивании» его вдоль обрабаты-

мой 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 заглаживают. Мерительный инструмент используют такой же, как и при изготовлении литейных моделей.

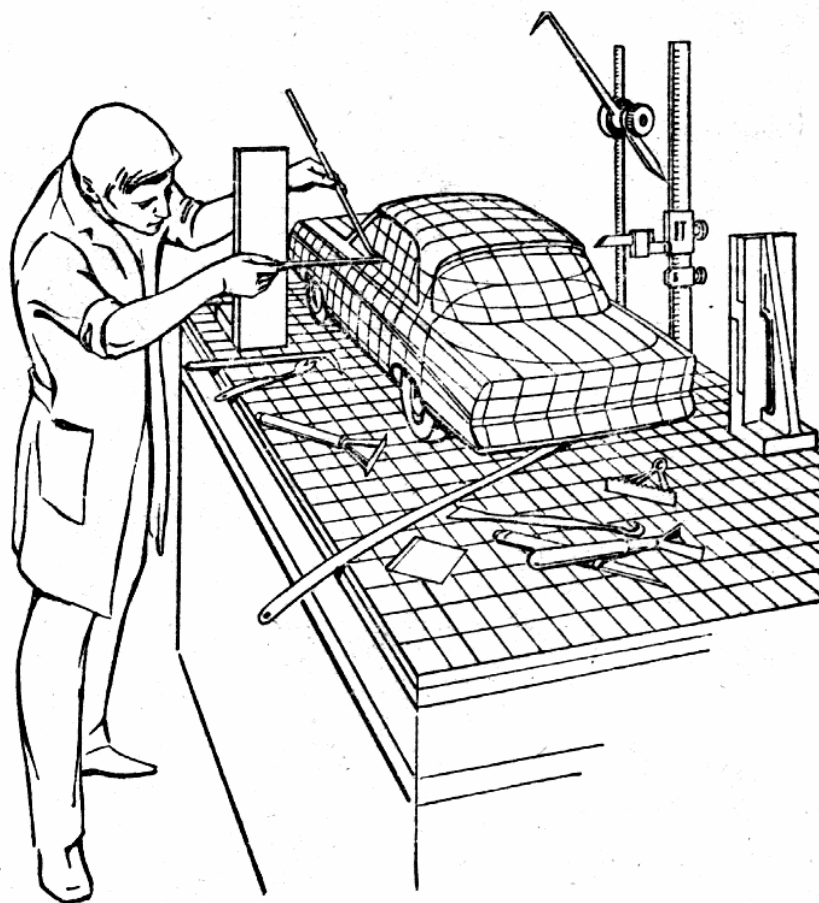


Рис. 4.6. Работа над масштабным макетом автомобиля

В качестве стекол применяют тонкое органическое стекло или целлулоид, которые окрашивают изнутри в темно-серый цвет. Такие детали, как дверные ручки, хромированные детали облицовки радиатора и другие, 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 водоэмульсионной 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 по 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, по крайней мере, 5...8 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. 4.7.

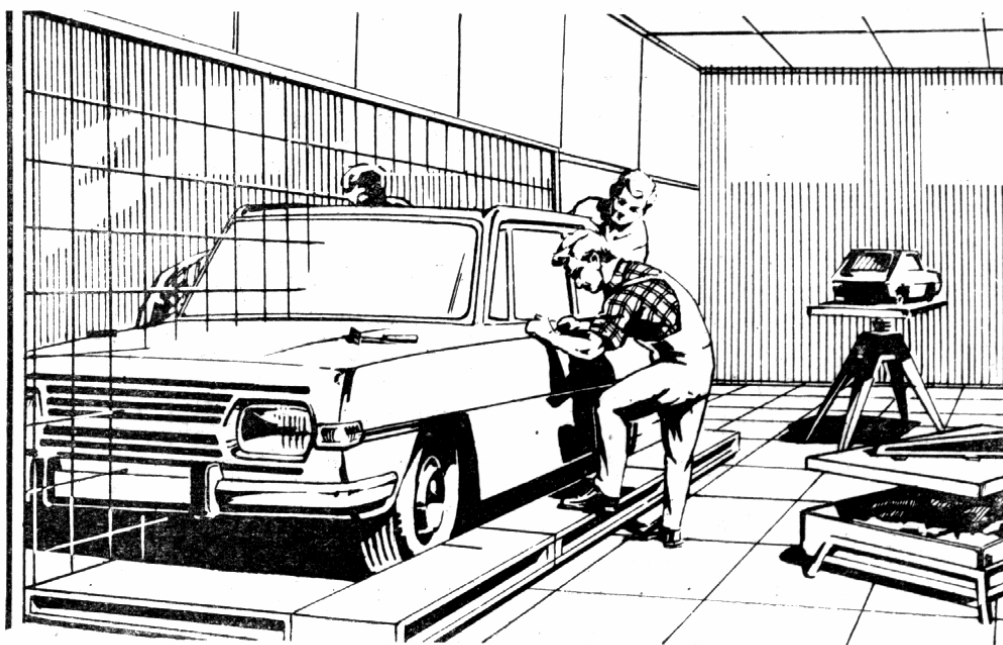


Рис. 4.7. Макетирование автомобиля в натуральную величину

На поверхность макета часто наносится координатная сетка.

Масштабный макет позволяет решить несколько задач. Прежде всего, проверяется общая концепция внешнего облика машины и, при необходимости, намечаются пути ее развития. Макет позволяет корректировать компоновочный чертеж машины, для чего с него делаются шаблоны из тонкой фанеры, алюминия или жесткого тонкого пластика в тех сечениях, которые задаются координатной сеткой. Затем очертания этих шаблонов переносятся на компоновочный чертеж. В процессе работы над масштабным макетом шаблоны используются для того, чтобы обеспечить симметричность кузова или кабины (разумеется, если они задуманы как симметричные). Полученный комплект шаблонов в дальнейшем будет использо-

ван 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 изготавливаются «отпечатки» частей макета из стеклопластика, а из них собирается пресс-форма для изготовления модели. На поверхности макета намечаются линии необходимых разъемов: очертания дверей, капота, крышки багажника, намечаются технологические разъемы отдельных штампованных деталей (последняя работа выполняется предварительно, окончательно это удастся сделать только на полномасштабном макете), намечаются и предварительно оформляются 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. Иногда, в крупных дизайнерских центрах, макет монтируется на поворотном круге. Каркас делается из дерева, иногда с использованием металлических сварных конструкций, потому что масса макета измеряется тоннами. Каркас устанавливается на прочных опорах по масштабной сетке. Колеса как опора, как правило, не используются, 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. 4.7, тогда при взгляде с любой стороны макет представляется целым.

Готовый макет большого легкового автомобиля в масштабе 1:1 показан на рис. 4.8.

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

Техника макетирования в принципе такая же, как и для масштабных макетов, но практика выработала 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 внутренняя поверхность «стекла» окрашивается с темно-серый цвет.



Рис. 4.8. Макет внешних форм легкового автомобиля

Для изготовления длинных молдингов, например, для автобусного кузова, можно использовать тонкую деревянную рейку, на которую наносится мягкий пластилин и «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 очерта-

ния 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. 4.9.

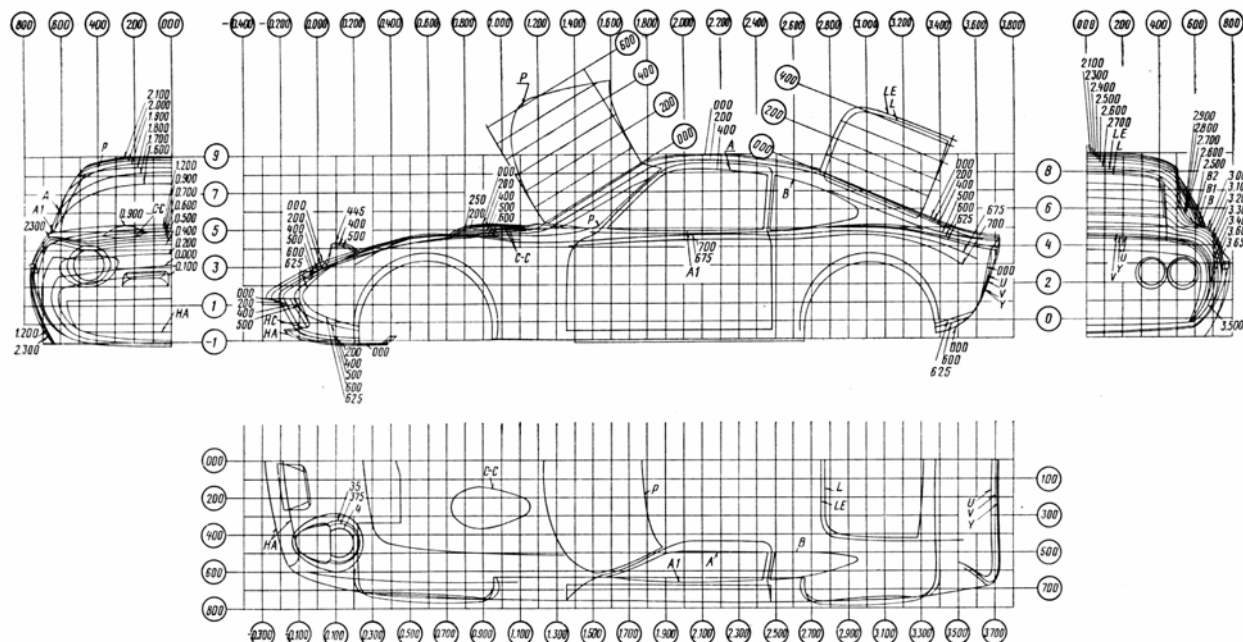


Рис. 4.9. Упрощенный плазовый чертеж поверхности кузова

Многочисленные выносные линии, видимые на рис. 4.9, 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 совмещаются, а виды сверху, спереди и сзади, если кузов симметричный, изображают только половину кузова до средней нулевой плоскости. На практике плазовый чертеж поверхности часто совмещается с плазовым чертежом конструкции кузова. Кроме плаза кузова, вычерчивается плазовый 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. 4.10. 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, как это показано на рис. 4.11.

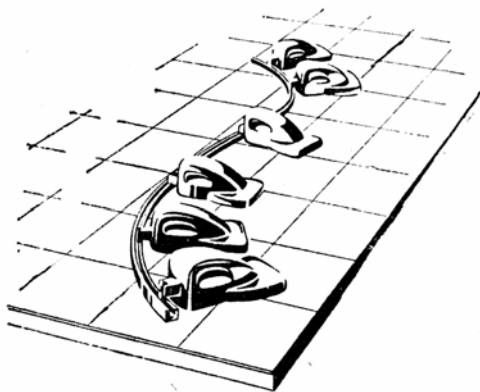


Рис. 4.10. Построение кривой линии с помощью гибкой рейки

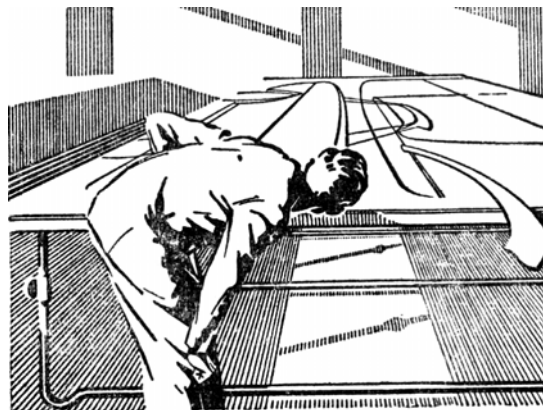


Рис. 4.11. Проверка плавности кривой линии

Проверку плавности кривой по нескольким характерным точкам можно выполнить 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 до, например, 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 и, кроме того, работать на обычном горизонтальном плазе приходится в неудобной позе, полулежа. Большую экономию времени дает разработка поверхности с помощью специализированных компьютерных программ, о чем сказано ниже.

Макет внешних форм машины в натуральную величину позволяет получить более реальное представление об ее облике, чем масштабный. Во время работы над макетом осуществляется постоянная двухсторонняя связь дизайнера и конструктора, работающего над чертежами поверхности. Макет выверяется с учетом исправления кривых, которые на макете обязательно имеют дефекты. 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. Работа выполняется модельщиками высокой квалификации. Для изготовления мастер-макета используется хорошо высушенное дерево, обычно ольха, иногда красное дерево. Хранятся детали в помещении с определенной влажностью, чтобы избежать коробления и искажения формы.

Поверхность деталей покрывается лаком. Мастер-макет выполняет 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.

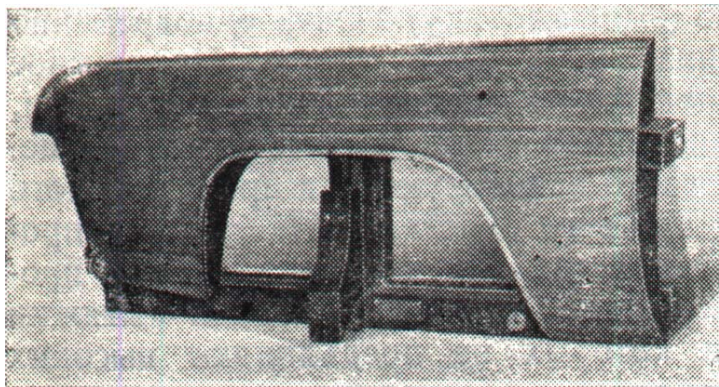


Рис. 4.12. Мастер-модель переднего крыла легкового автомобиля

На рис. 4.12 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 ма-

кета. Он обычно строится с применением дерева, фанеры, гипса, стеклопластика, пластилина. Внешне посадочный макет не похож на разрабатываемый кузов или кабину, но внутреннее пространство точно соответствует чертежам. Посадочный макет легкового автомобиля показан на рис. 4.13, а кабины грузового автомобиля – на рис. 4.14.

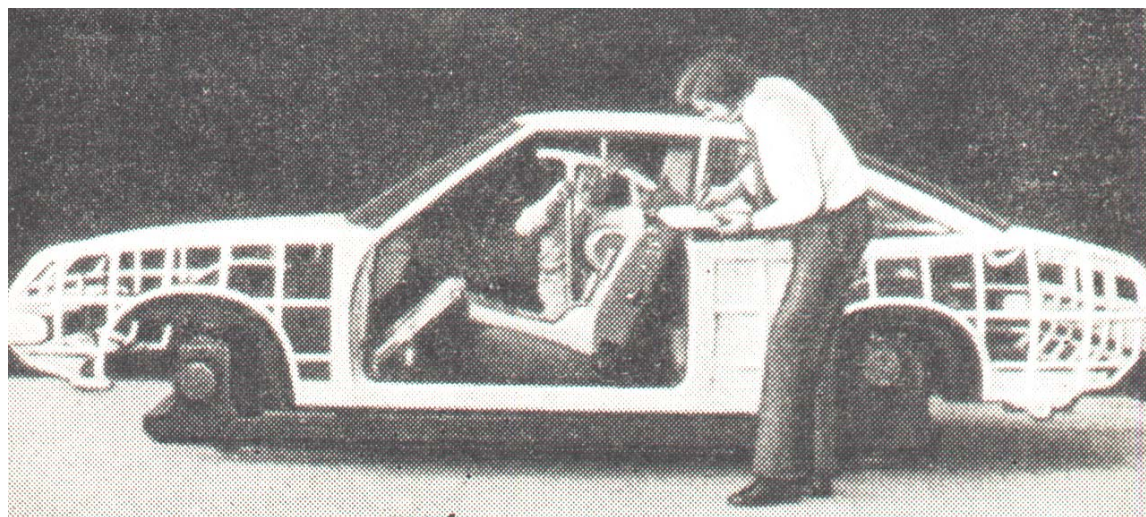


Рис. 4.13. Посадочный макет легкового автомобиля

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



Рис. 4.14. Посадочный макет кабины грузового автомобиля

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 быть такими же, как и на сиденьях проектируемой машины. Чаще всего на этой стадии работы таких сидений нет, и тогда используют по возможности похожие сиденья от какой-либо другой машины. Двери кабины или кузова должны иметь такую кинематику открывания-закрывания, как это предусматривается 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. Применяют два метода: с использованием стандартного посадочного манекена и с помощью экспертной оценки.

Посадочный манекен размещается на сиденье в соответствии с оговоренной стандартом процедурой (ГОСТ 28261–89) и определяется положение точки H и углы между элементами манекена. Эти параметры сравнивают с теми, которые были заложены в компоновку. Если отличия незначительны, то считается, что сиденье и его положение соответствует 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 (разных перцентилей), о чем сказано выше. С помощью посадочного манекена определяются также параметры обзорности машины (ГОСТ Р 51266–99).

Экспертный метод оценки заключается в том, что 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, в течение которого их впечатления определяются, и отвечают на вопросы специальной анкеты, которая разрабатывается заранее. Вопросы в этой анкете 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 многое другое. 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, строят макет шасси или, по крайней мере, макет моторного отсека (рис. 4.15), учитывая высокую плотность размещения в нем агрегатов.

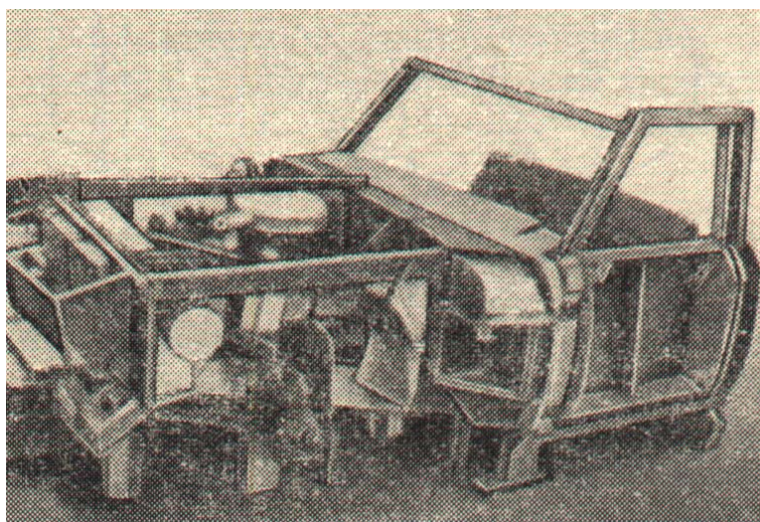


Рис. 4.15. Макет передней части шасси легкового автомобиля

На макете шасси или моторного отсека, выполняемом в масштабе 1:1, можно проверить в натуральную величину все зазоры, которые не могут быть выяснены графическим способом, найти правильное положение тяг, проложить трубки и провода, проверить доступность агрегатов для обслуживания и демонтажа. Большим достоинством макетирования является воз-

можность 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 большей частью 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 картеры, 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 составные части и при необходимости изменять эти составные части или их относительное положение.

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, расположения топливного бака и топливопроводов и другие).

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 ком-

плекта 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. Иное дело, если боковое ускорение будет нарастать плавно, но в этом 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 нами прямой и дуге окружности, или по двум сопряженным дугам, как это показано на рис. 4.16,а и б то световое пятно (блик) в месте раздела поверхностей резко изменит размеры. Это вызывает у зрителя ощущение «разорванности» поверхности и она не будет восприниматься как единое целое. Если переход выполнен по кривой высшего порядка (см. рис. 4.16,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.

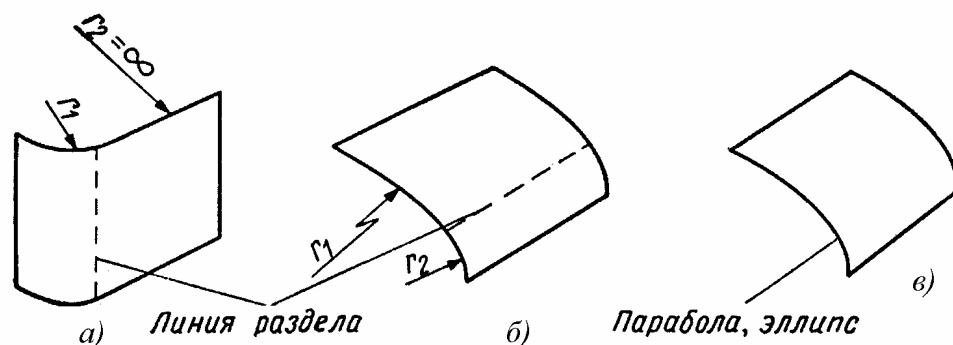


Рис. 4.16. Выполнение переходов поверхностей разной кривизны:
а, б – неправильно (неплавно); в – правильно (плавно)

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 рассечь несколькими параллельными плоскостями, то образуется ряд кривых, которые могут находиться между собой в определенной зависимости – равенства, подобия или коллинеарности (сродства). Эти зависимости поясняются рис. 4.17.

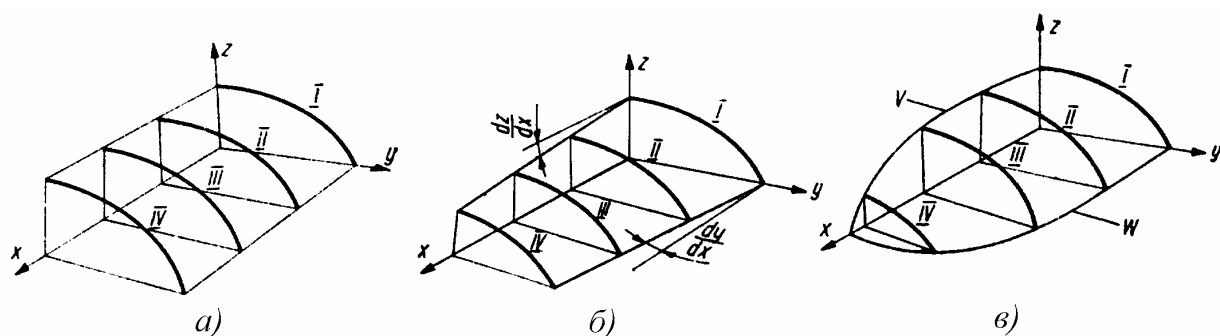


Рис. 4.17. Геометрические зависимости между кривыми:
а – равенство; б – подобие; в – коллинеарность

При равенстве (рис. 4.17,а) кривые I , II , III и IV геометрически равны. Геометрическое подобие (рис. 4.17,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. 4.17,в) кривая I преобразуется в кривые II , III и IV в соответствии с протеканием кривых V и W .

В большинстве случаев поверхности кузовов образуются с помощью коллинеарных кривых. Исключение составляют, как указывалось выше, длинные кузова автобусов, фургонov, 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. 4.18).

На рис. 4.18,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. 4.18,б), то получившаяся в результате построения поверхность будет иметь некоторую небольшую грань, показанную пунктиром.

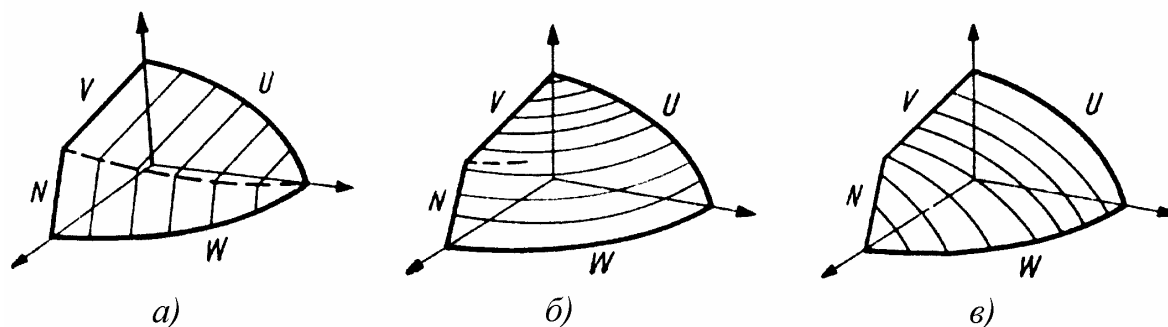


Рис. 4.18. Влияние выбора исходной кривой на форму поверхности

При выборе кривой U в качестве исходной (рис. 4.18,в), поверхность получится вообще без грани, будет только небольшой угол между частями ломаной, образованной прямыми отрезками V и N .

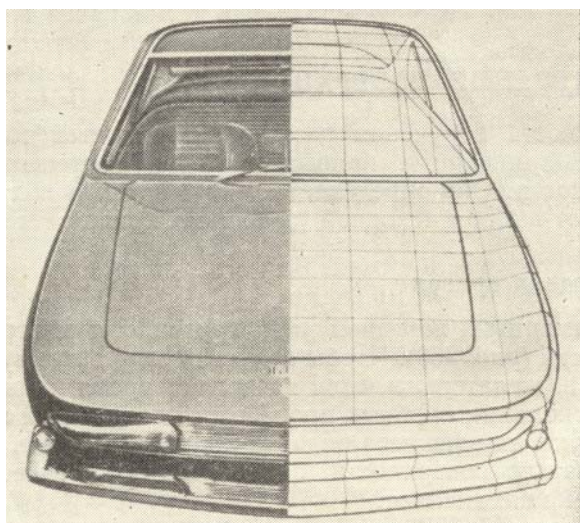


Рис. 4.19. Поверхность передней части легкового автомобиля

Пример поверхности передней части легкового автомобиля с достаточно выраженными исходными кривыми (они выделены толстыми линиями) показан на рис. 4.19.

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

Выше 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 Талеса, позволяющего построить пропорциональные кривые. Этот способ применяется, если заданы две (иногда одна) ограничивающие кривые. Суть построения поясняется на рис. 4.20.

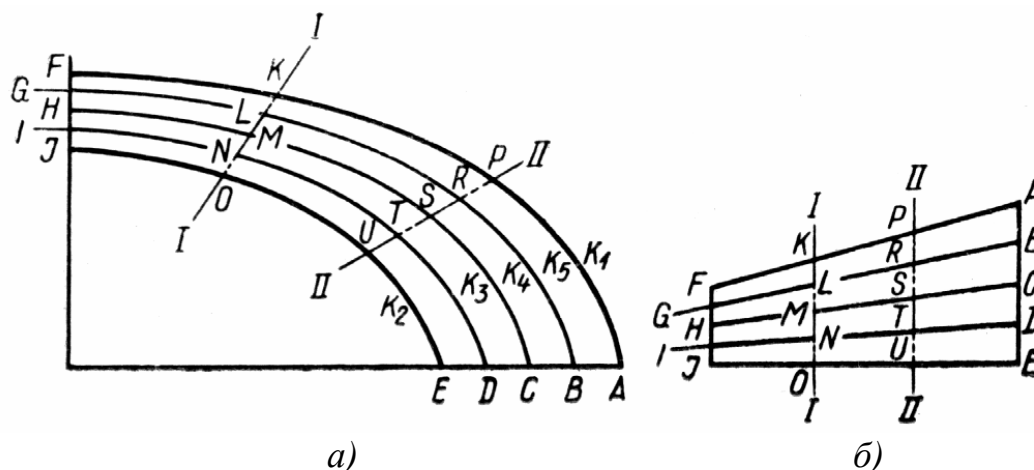


Рис. 4.20. Разработка поверхности трапецеидальным ключом:
 а – кривые, определяющие форму поверхности; б – трапецеидальный ключ

Предположим, что заданы ограничивающие кривые K_1 и K_2 , между которыми должны расположиться кривые K_3 , K_4 , K_5 (рис. 4.20,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. 4.20,б) – вспомогательный отрезок прямой произвольной длины, и в его концах строятся перпендикуляры JF и EA . На этих перпендикулярах откладываются отрезки EA и FJ , каждый из которых разбивается на равные части, получают точки B , C , D и G , H , I . Соединяя между собой точки, соответствующие концам искомых кривых K_3 , K_4 , K_5 , получают линии AF , BG , CH , DI . Проводятся 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 N , T , для кривой K_4 – точки M , S , для кривой K_5 –

точки L, R . Эти точки переносятся 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 трапецеидального 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. 4.21.

Предположим, что имеется исходная кривая A_1E_1 и требуется построить зависимую 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° .

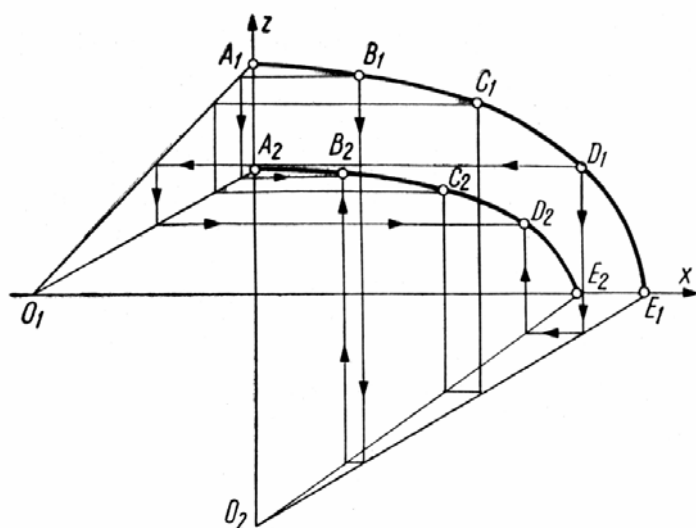


Рис. 4.21. Разработка поверхности радиальным ключом

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 пря-

мую 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 количество 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. 4.22. Изображаемая кузовная деталь рассекается системой взаимно перпендикулярных плоскостей, и на пересечениях этих плоскостей проставляются размеры, показывающие высоты этих точек относительно некоторой нулевой плоскости. Такое представление поверхности удобно, например, для контрольных замеров штампа.

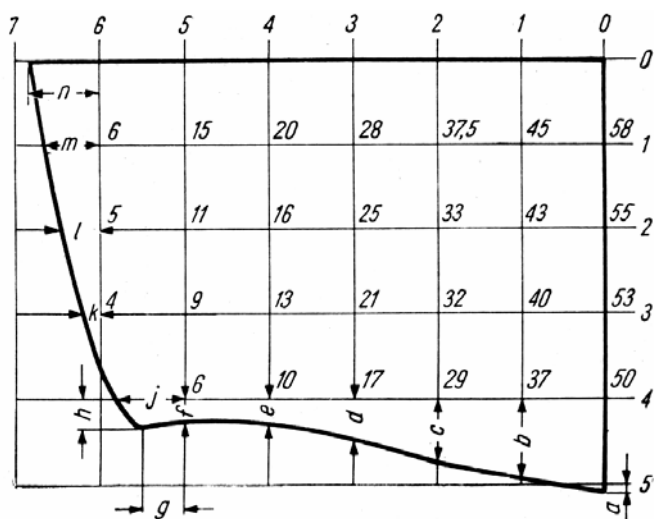


Рис. 4.22. Элемент поверхности кузова с размерами, обозначающими расстояние от постоянной базы

Все сказанное относительно графической разработки поверхностей касается плазовых работ, выполняемым 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.

Описание даже одной подобной программы, в виде руководства для пользователя, обычно превышает объем данного учебника и поэтому здесь не приводится.

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. В компьютер вводится информация о формах макета с помощью различных способов:

- путем «ощупывания» макета с использованием устройства, дающего три координаты любой точки макета, к которой поднесен специальный щуп;
- фотографированием макета или детали одновременно с двух точек, в результате чего получается стереоскопическое изображение, позволяющее получить координаты любой точки предмета;
- обмером макета лазерным устройством с одновременным вводом данных в компьютер (см. рис. 4.23).

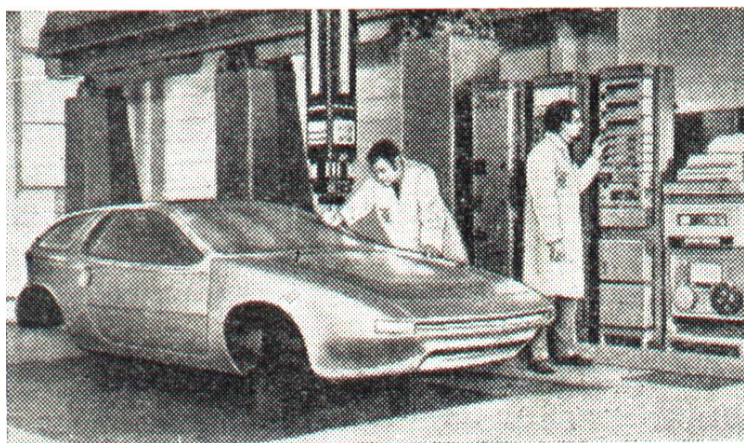


Рис. 4.23. Обмер макета лазерным устройством с вводом данных в компьютер

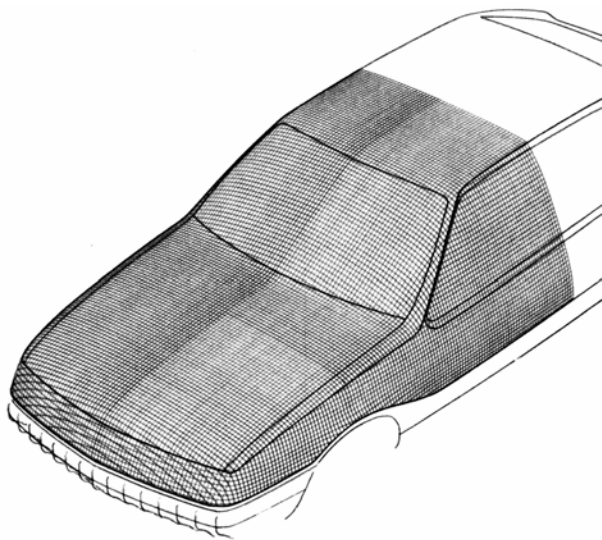


Рис. 4.24. Сечения кузова

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. 4.24.

После утверждения внешних форм кузова наступает черед конструктивной проработки его элементов. На рис. 4.25 показаны результаты компьютерной разработки колесных кожухов и дверных проемов.

Для формирования колесной ниши доста-

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

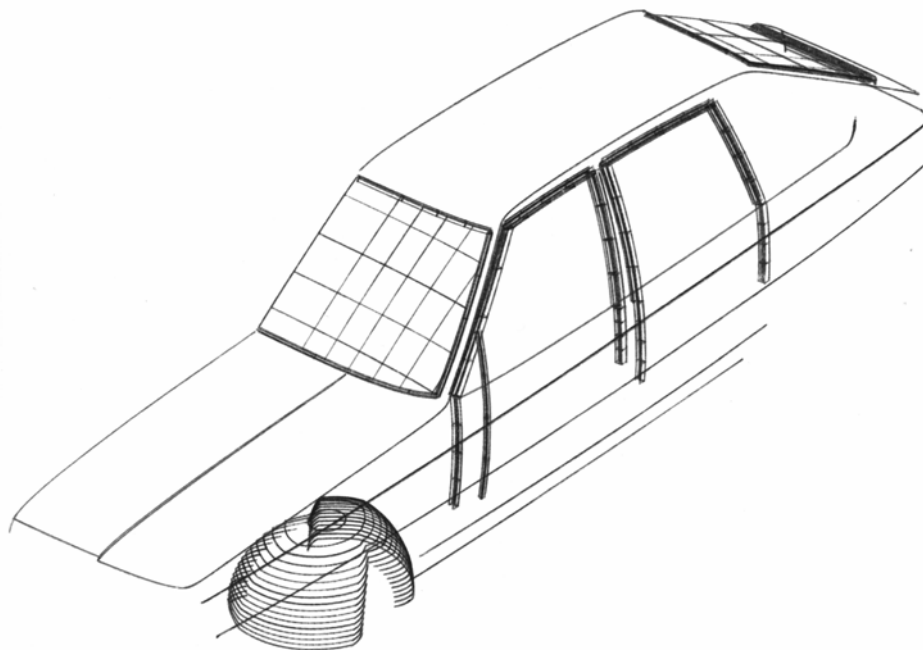


Рис. 4.25. Компьютерная разработка конструктивных элементов кузова

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 опускающих 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 изготавливаются из дерева или алюминия, причем в программы для станков с ЧПУ вводятся соответствующие коррективы, связанные с размерами и конфигурацией режущих инструментов (фрез). После проверки полученных штампов и, если необходимо, устранения ошибок и неточностей, изготавливаются рабочие комплекты штамповой оснастки, штампуются детали и проводится контрольная сборка кузова или кабины. Постоянно осуществляется двухсторонняя связь между технологами и конструкторами, и корректируются базы данных, содержащие информацию о деталях кузова.

5. АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА МАШИНЫ

5.1. Аэродинамические свойства колесной машины

При натекании воздушного потока на колесную машину возникают, действующие на нее полная аэродинамическая сила и полный аэродинамический момент. Полная аэродинамическая сила P_w - это равнодействующая всех элементарных аэродинамических сил, действующих на поверхность колесной машины. Полный аэродинамический момент M_w — это результирующий момент, создаваемый всеми действующими на колесную машину аэродинамическими силами.

Проекции полной аэродинамической силы на оси X, Y, Z , начало которых совмещено с центром масс C_T машины и полный аэродинамический момент относительно этих осей в связанной системе координат показаны на рис. 5.1.

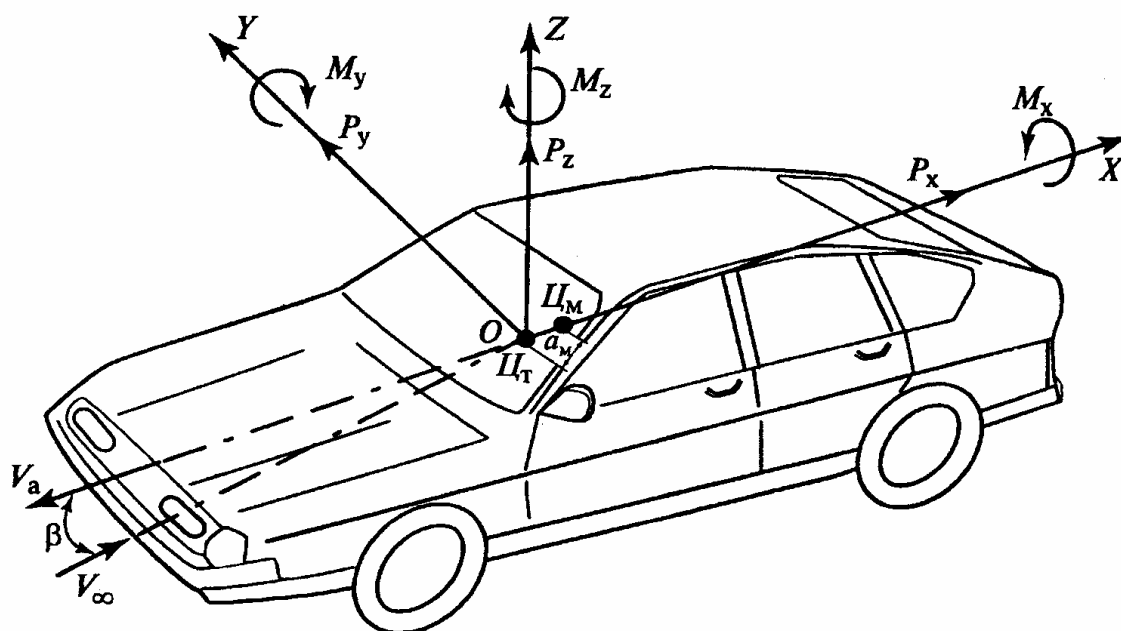


Рис. 5.1. Схема аэродинамических сил и моментов, действующих на автомобиль:

C_T - центр масс автомобиля; C_M - метацентр; a_m - плечо приложения аэродинамической силы; β - 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 рыскания)

Полная аэродинамическая сила и полный аэродинамический момент определяются из выражений:

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

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

где C_W и m_W - коэффициенты полной аэродинамической силы и момента, соответственно; ρ - плотность воздуха; F - лобовая площадь автомобиля; V_∞ - скорость натекания невозмущенного воздушного потока; B - характерный размер (база машины).

Проекции полной аэродинамической силы на связанные координатные оси определяются по следующим формулам.

Сила лобового сопротивления

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

где C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления.

Боковая сила

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

где C_y - коэффициент боковой силы.

Подъемная сила

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

где C_z - коэффициент подъемной силы.

Момент крена

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

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

Опрокидывающий момент (момент тангажа)

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

где m_y - коэффициент опрокидывающего момента; L - продольная база машины.

Поворачивающий момент (момент рысканья)

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

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 аэродинамического 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 действующего на днище машины большего давления, чем на крышу.

Точка $\mathcal{U}_M$ (рис. 5.1) приложения равнодействующей аэродинамических сил называется метацентром. Расстояние от центра масс машины до

метацентра называется плечом a_m приложения аэродинамической силы, создающей момент, стремящийся повернуть автомобиль. При этом под действием поворачивающего момента машина стремится встать перпендикулярно к направлению воздушного потока, если он не совпадает с ее продольной осью. Однако за счет сил трения в контакте шин с дорогой машина движется в заданном направлении.

У автомобиля обтекаемой формы этот поворачивающий момент будет больше, чем у не обтекаемого, из-за большей величины этого плеча. Величина плеча a_m 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, то есть она аэродинамически неустойчива.

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

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

где C_x - коэффициент аэродинамического сопротивления (обтекаемости); F - площадь миделевого сечения, т.е. наибольшая площадь сечения тела в плоскости, перпендикулярной направлению его движения; $q = 0,5 \rho V_\infty^2$ - скоростной или динамический напор.

В окончательном виде выражение (5.1) примет вид:

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

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:

$$P_w = KF (V_\infty / 3,6)^2.$$

Следует учитывать, что скорость V_∞ натекания потока может меняться в зависимости от скорости V_B и угла натекания β бокового ветра. При отсутствии встречного ветра скорость натекания воздушного потока равна скорости движения автомобиля. Для оценки влияния скорости и направления ветра можно использовать следующую зависимость

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

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

Аэродинамическое сопротивление колесной машины складывается из пяти основных составляющих:

- сопротивления формы $P_{\text{иф}}$;
- трения $P_{\text{ит}}$;
- внутренних потоков воздуха в системах охлаждения двигателя и вентиляции кабины и кузова $P_{\text{ив}}$;
- индуктивного $P_{\text{ии}}$ и дополнительного (сопротивления мелких элементов на кабине и кузове) $P_{\text{ид}}$.

Сопротивление формы $P_{\text{иф}}$ 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 $P_{\text{ит}}$ - результирующая всех касательных сил, действующих на внешнюю поверхность кабины и кузова, зависящая от величин касательных напряжений в зоне пограничного слоя. Для обеспечения минимального его значения 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 $P_{\text{ив}}$ 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 $P_{\text{ии}}$ 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 перемещающегося под ней воздушного потока.

Дополнительное сопротивление $P_{\text{ид}}$ 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 количеством этих элементов, так и уровнем их обтекаемости.

Удельный вес составляющих аэродинамического сопротивления зависит от типа автотранспортного средства. По литературным данным, он составляет:

для пассажирских автомобилей: сопротивление формы $P_{w\Phi}$ - 65%, сопротивление трения P_{wT} - 5%, сопротивление внутренних потоков P_{wB} - 7%, индуктивное сопротивление $P_{wи}$ - 12%, дополнительное сопротивление $P_{wд}$ - 11%.

для грузовиков и магистральных автопоездов: сопротивление формы $P_{w\Phi}$ - 70%, сопротивление трения P_{wT} - 7%, сопротивление внутренних потоков P_{wB} - 8%, индуктивное сопротивление $P_{wи}$ - 7%, дополнительное сопротивление $P_{wд}$ - 8%.

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

Таблица 5.1

Параметры аэродинамического сопротивления автотранспортных средств при осесимметричном натекании воздушного потока

Марка автомобиля	Коэффициент C_x	Лобовая площадь F , м ²	Фактор обтекаемости KF , Н·с ² /м ²
Легковые автомобили			
ЗАЗ-968М	0,43	1,67	0,45
ЗАЗ-1102	0,45	1,68	0,44
ВАЗ-2101	0,56	1,74	0,60
ВАЗ-2104	0,53	1,76	0,58
ВАЗ-2106	0,54	1,76	0,59
ВАЗ-2108	0,43	1,87	0,47
ВАЗ-2109	0,46	1,88	0,51
ВАЗ-21099	0,45	1,88	0,50
ВАЗ-2110	0,35	1,93	0,40
ВАЗ-2112	0,33	1,94	0,38
"Москвич"-2140	0,55	1,78	0,55
"Москвич"-2141	0,39	1,96	0,45
ИЖ-2126 "Орбита"	0,44	1,92	0,50
ИЖ-"Ода"	0,38	1,96	0,44
ГАЗ-М20 "Победа"	0,39	2,16	0,53
ГАЗ-21 "Волга"	0,42	2,27	0,60
ГАЗ-2410 "Волга"	0,45	2,28	0,64
ГАЗ-2410У "Волга"	0,41	2,28	0,56
ГАЗ-3104 "Волга"	0,38	2,10	0,48

Продолжение табл. 5.1

Марка автомобиля	Коэффициент C_x	Лобовая площадь $F, \text{ м}^2$	Фактор обтекаемости $KF, \text{ Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^2$
ГАЗ-3105 "Волга"	0,35	2,10	0,43
УАЗ-469	0,60	3,39	1,27
Автобусы			
РАФ-2203	0,44	3,58	0,98
УАЗ-452	0,46	4,17	1,19
ЗИЛ-3207 "Юность"	0,59	4,37	1,61
КаВЗ-685	0,52	5,9	1,91
ЛиАЗ-677	0,68	6,73	2,86
ЛАЗ-698	0,70	6,57	2,87
ЛАЗ-699	0,60	6,60	2,48
ЛАЗ-4207	0,72	7,36	3,31
"Икарус"-250	0,71	6,80	3,01
Грузовые автомобили			
ГАЗ-3302 "Газель" (бортовой)	0,59	3,6	1,32
ГАЗ-3302 "Газель" (фургон тентовый)	0,54	5,0	1,69
ГАЗ-33022 "Газель" (фургон металлический)	0,65	5,5	2,23
ЗИЛ-5301 (бортовой)	0,62	3,7	1,37
ЗИЛ-5301 (фургон)	0,69	5,7	1,76
ГАЗ-51 (бортовой)	0,99	3,29	1,97
ЗИЛ-150 (бортовой)	0,79	4,5	3,55
ЗИЛ-130 (бортовой)	0,87	5,05	2,74
ЗИЛ-130 (с прицепом)	1,02	5,05	3,21
ЗИЛ-131 (бортовой)	1,05	5,4	5,67
ЗИЛ-4331 (бортовой)	0,94	5,2	2,94
ЗИЛ-4331 (с прицепом)	1,15	5,2	3,61
ЗИЛ-4331 (тентовый)	0,66	7,5	3,09
"УРАЛ"-375 (бортовой)	1,12	6,2	4,14
КамАЗ-5320 (бортовой)	1,02	6,0	3,98
КамАЗ-5320 (с прицепом)	1,26	6,0	4,53
КамАЗ-5320 (тентовый)	0,68	7,6	3,23
МАЗ-500 (бортовой)	1,05	5,50	5,77
МАЗ-500А (тентовый)	0,72	8,50	3,82
МАЗ-516 (тентовый)	0,79	8,50	4,19
МАЗ-5336 (тентовый)	0,67	8,42	3,52
Магистральные автопоезда			
ЗИЛ-4331+8328	0,86	7,5	4,01
КамАЗ-5320+8350	0,89	7,6	4,20
МАЗ-504В+5205	0,80	8,45	4,17
МАЗ-5432+9397	0,78	8,50	4,14

Марка автомобиля	Коэффициент C_x	Лобовая площадь F , м ²	Фактор обтекаемости KF , Н·с ² /м ²
МАЗ-6422+9398	0,79	8,53	4,21
МАЗ-544020+9758	0,69	8,52	3,67
МАЗ-5336+8887	0,90	8,40	4,73

5.2. Связь дизайна и аэродинамики колесной машины

Сегодня автомобильная техника стала показателем технического уровня не только фирмы, но и государства в целом. Автомобильное оборудование снабжается сложной электронной техникой, к разработке автомобиля привлекаются специалисты из разных областей науки и техники. Значительное внимание стало уделяться аэродинамическим характеристикам автомобиля. В ближайшем будущем, учитывая большое значение аэродинамики в повышении технико-экономических и потребительских качеств автомобиля, каждый производитель должен будет обеспечить ему наилучшие аэродинамические формы, но результат всегда будет определяться их научно и эстетически обоснованным сочетанием с дизайном кузова.

Исходя из того, что форма кузова является важным фактором при принятии решения о покупке автомобиля, 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 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. Полная эффективность их сотрудничества проявляется в степени совершенства эстетических и аэродинамических характеристик проектируемого автомобиля и способности реализовать их в его окончательной форме. В этой связи в настоящее время при практической разработке перспективных автомобилей наблюдается тенденция к сближению дизайнерского и аэродинамического проектирования. При этом повышаются требования к уровню информативности 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. При этом процесс формообразования кузова уже на ранней его стадии следует вести по трем направлениям: дизайнерское 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 эргономики по изменению внешней формы кузова до изготовления натурального пластилинового макета проектируемого автомобиля.

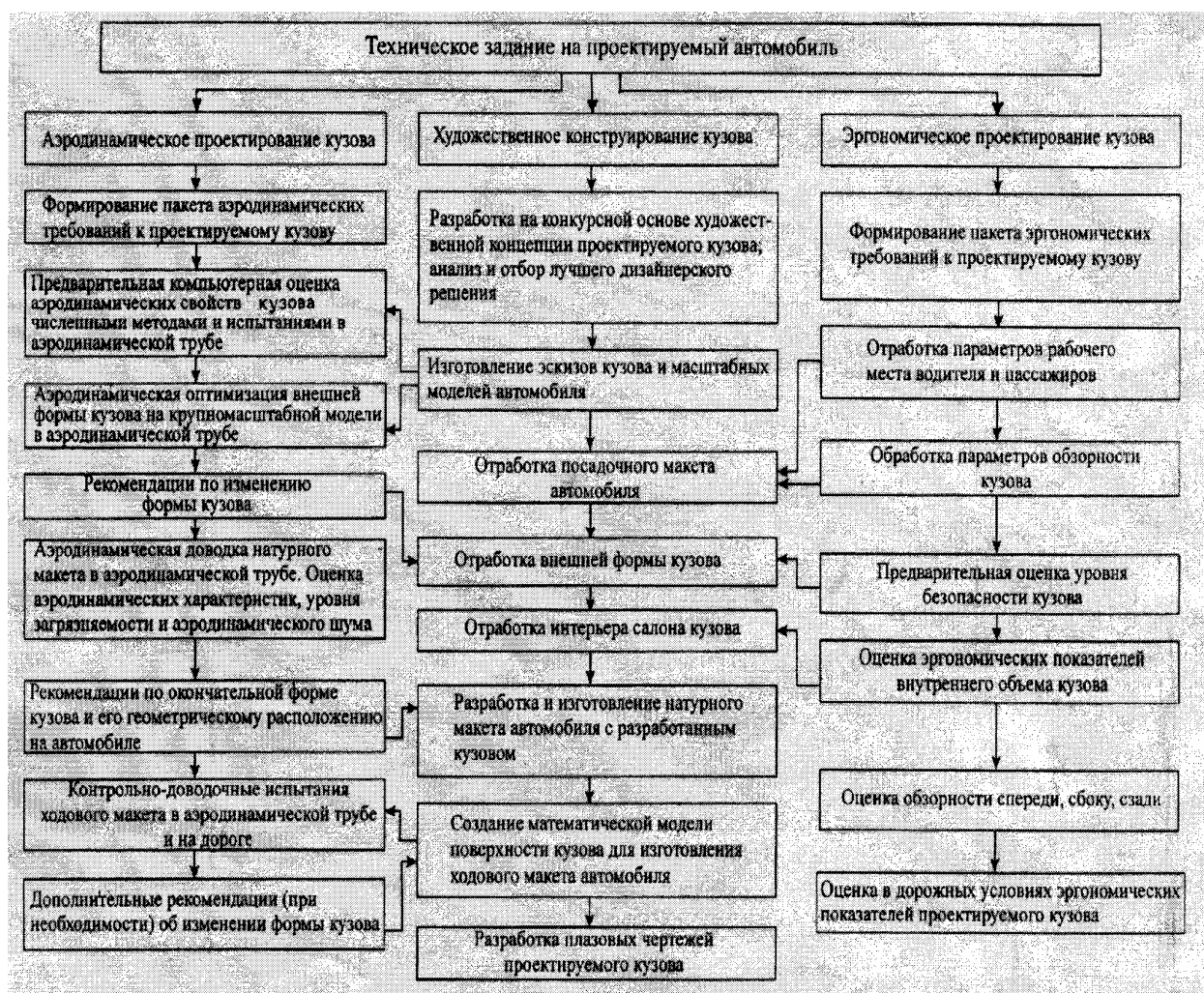


Рис. 5.2. Алгоритм формообразования автомобильного кузова

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

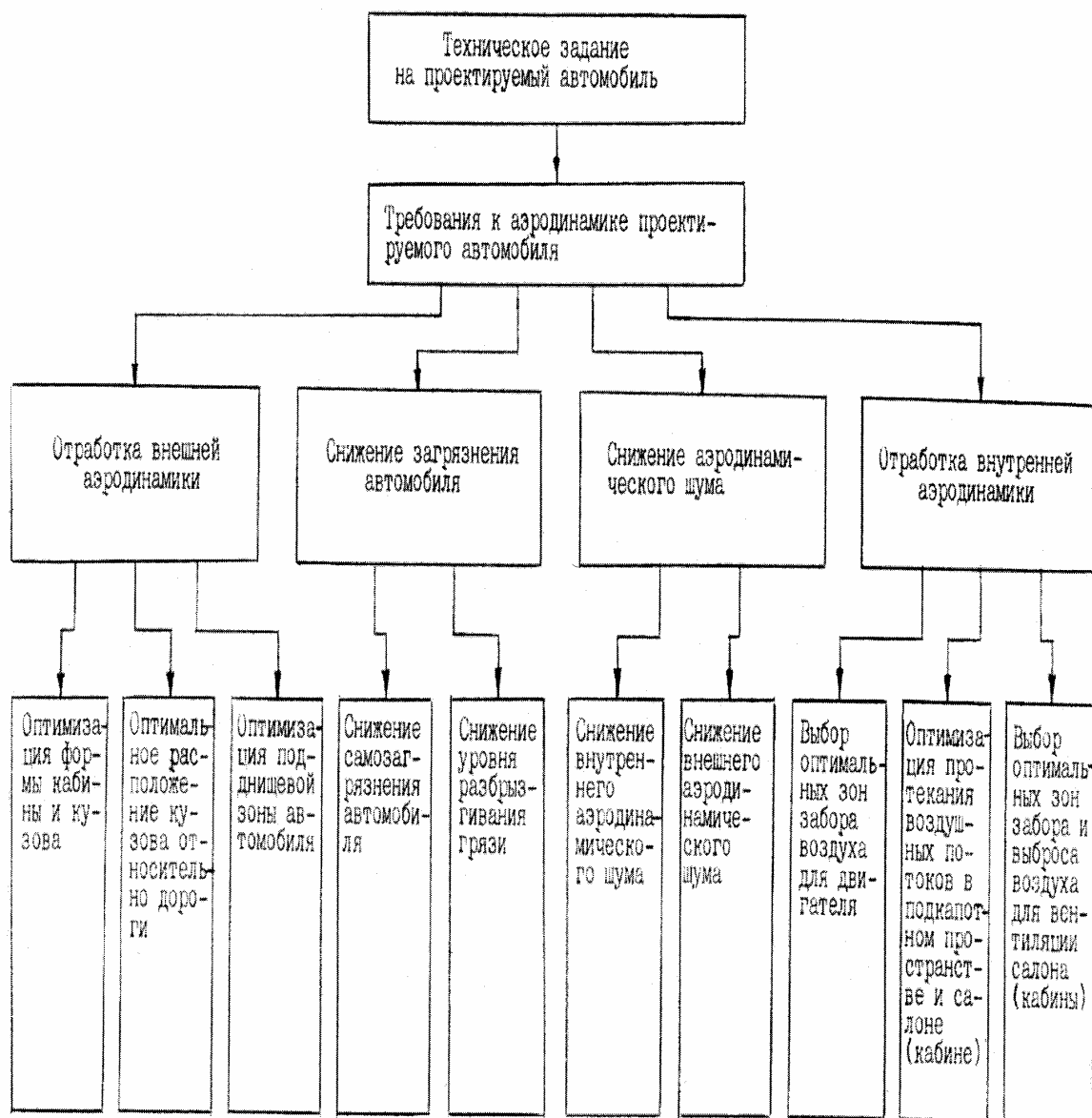


Рис. 5.3 Задачи аэродинамического проектирования автомобиля

Аэродинамическое проектирование скоростного автотранспортного средства включает в себя решение следующих основных задач:

- обработку внешней формы кузова и оптимизацию его геометрических; конструктивных и установочных параметров для обеспечения наименьшего аэродинамического сопротивления;
- совершенствование аэродинамических характеристик, определяющих показатели аэродинамической устойчивости и управляемости;
- определение оптимальных зон и объемов дозированного забора и выброса воздуха для систем охлаждения двигателя, вентиляции и кондиционирования кабины, холодильных установок кузова рефрижератора;

- установление и снижение степени загрязнения кабины и кузова, а также уровня аэродинамического шума.

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 относительно поверхности дороги и улучшения обтекаемости отдельных конструктивных элементов.

На рис. 5.4. приведен алгоритм аэродинамического проектирования автомобиля.

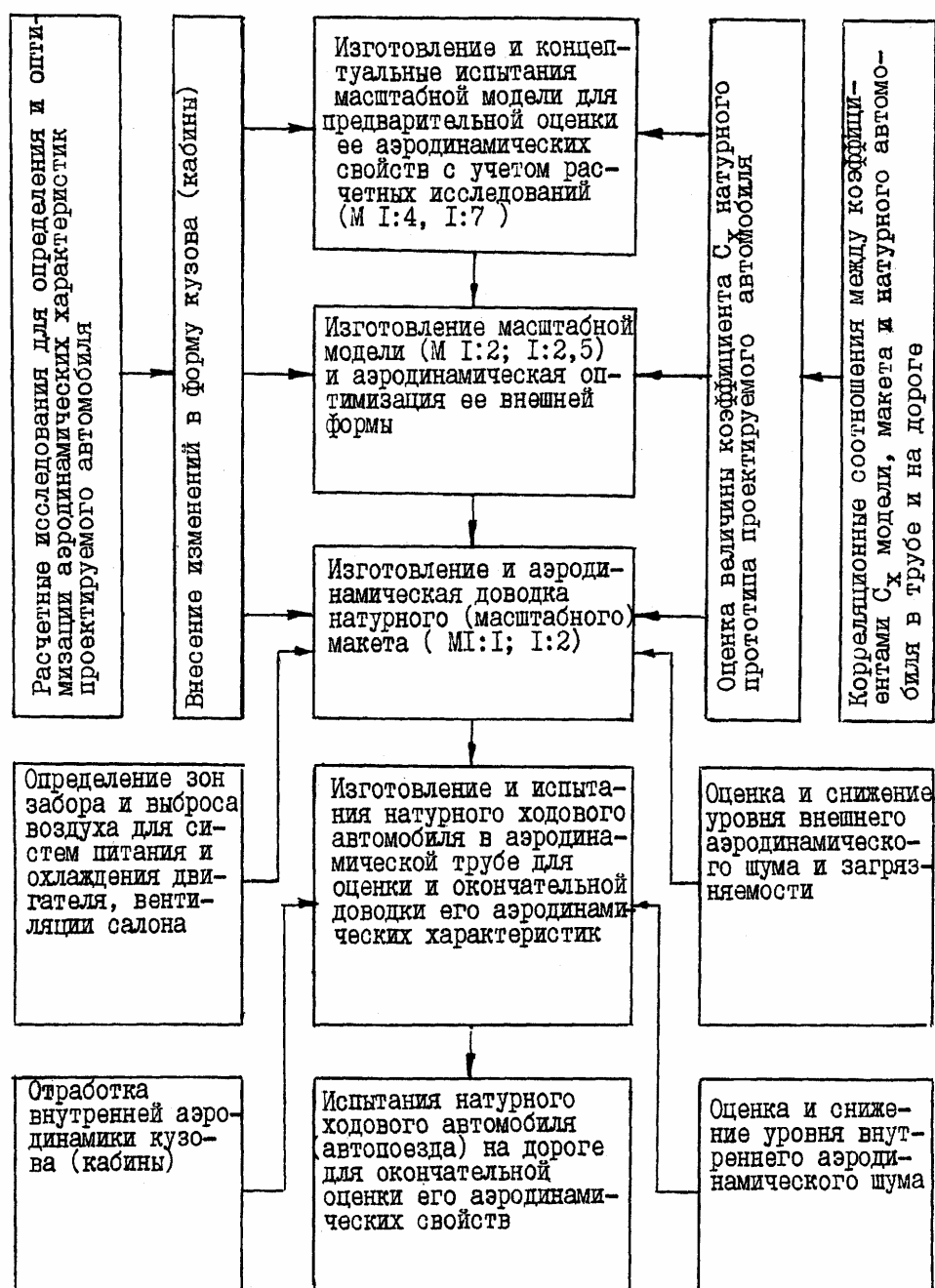


Рис. 5.4. Алгоритм аэродинамического проектирования автомобиля

5.3. Влияние аэродинамики на потребительские свойства колесной машины

Совершенствование аэродинамических характеристик скоростных автотранспортных средств (АТС) 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 управляемости и устойчивости автотранспортных средств. Оптимизация характера обтекания под днищевой 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 его 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, 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 обтекания 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:

- оптимизация контурного фактора за счет снижения удельного веса отрывных течений, в первую очередь путем увеличения углов наклона облицовки радиатора, крышки капота, ветрового стекла и радиусов закругления фронтальных кромок кузова;

- 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 подднищевой 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 буфера 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 лобовую площадь 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 их 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 B_k кузова:

для верхней кромки $0,04 \leq R/B_k \leq 0,08$;

для боковых кромок $0,06 \leq R/B_k \leq 0,1$.

Основным направлением улучшения аэродинамики магистральных автопоездов является совершенствование их аэродинамических характеристик путем оптимизации влияющих на обтекаемость конструктивных параметров, в число которых входят:

- отработка формы кабины в целом и ее лобовой панели с устранением находящихся на ней мелких выступающих элементов;

- уменьшение величины 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;

- увеличения 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 подднищевой 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 мероприятий по совершенствованию аэродинамики магистральных автопоездов наиболее эффективным является улучшение обтекаемости их головной части, зависящей от типа и формы кабины.

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 закругление 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 направление может реализовываться в порядке модернизации плохо обтекаемых серийных автопоездов. Установка навесных аэродинамических элементов позволяют 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 ΔC_x аэродинамического сопротивления. Установка комплектов навесных аэродинамических элементов на седельном и прицепном автопоездах снижает значение их коэффициента C_x аэродинамического сопротивления при нулевом угле натекания потока на 41 и 45% соответственно. Следует отметить, что значительное снижение коэффициента C_x при кососимметрическом натекании воздушного потока обеспечи-

вается за счет установки задних боковых щитков на кабине и кузове и нижних боковых щитков на тягаче и прицепе.

Таблица 5.2

Номенклатура аэродинамических устройств, рекомендуемых для установки на магистральных автопоездах

Наименование аэродинамического устройства	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 закрывки	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 закрывки 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
Наименование аэродинамического устройства	Место установки устройства	Эффект, обеспечиваемый данным устройством
Задний обтекатель	Задняя стенка кузова	Уменьшение разрежения на задней стенке кузова и спутного следа за автопоездом

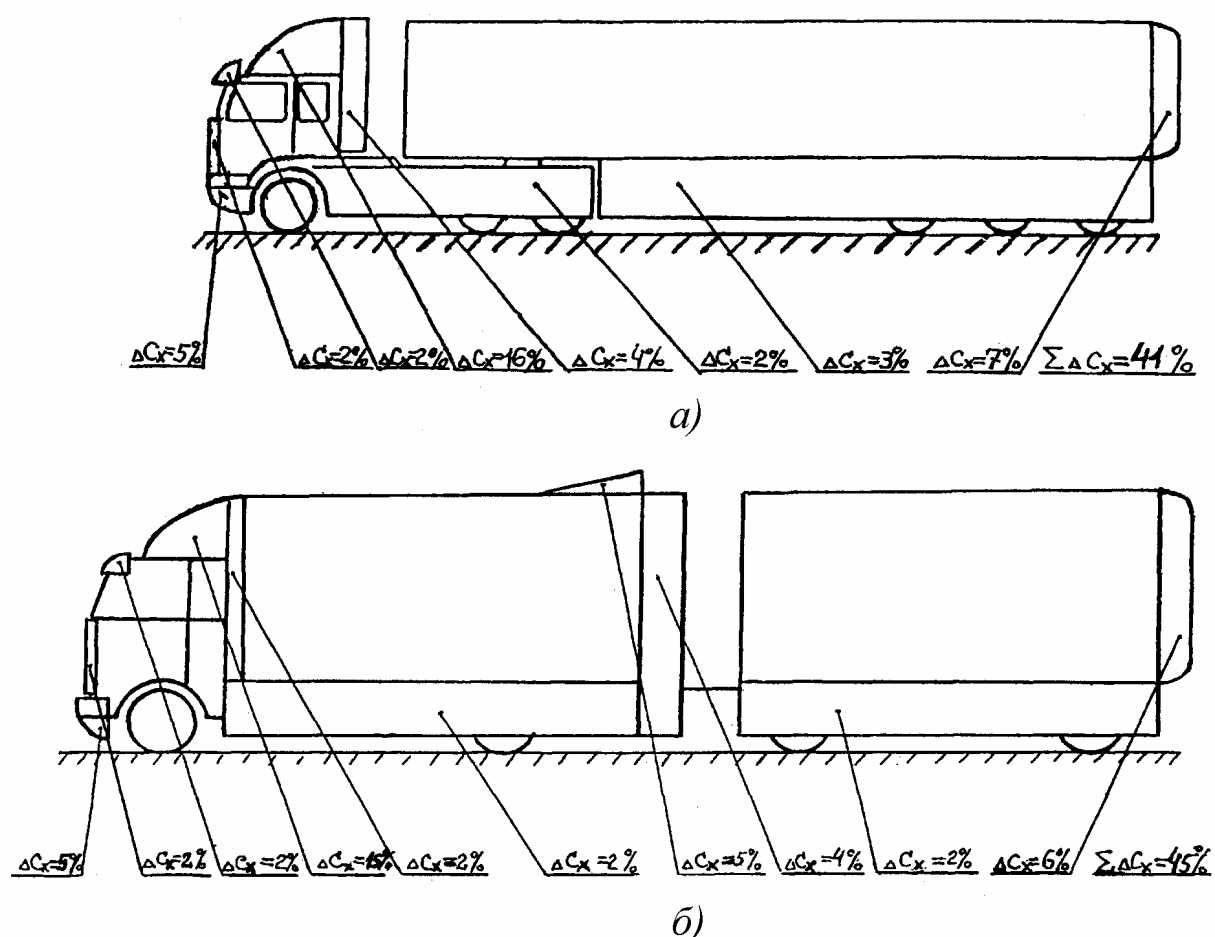


Рис. 5.5. Схема установки аэродинамических устройств на седельном (а) и прицепном (б) автопоездах и достигаемое при этом снижение коэффициента аэродинамического сопротивления C_x

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.

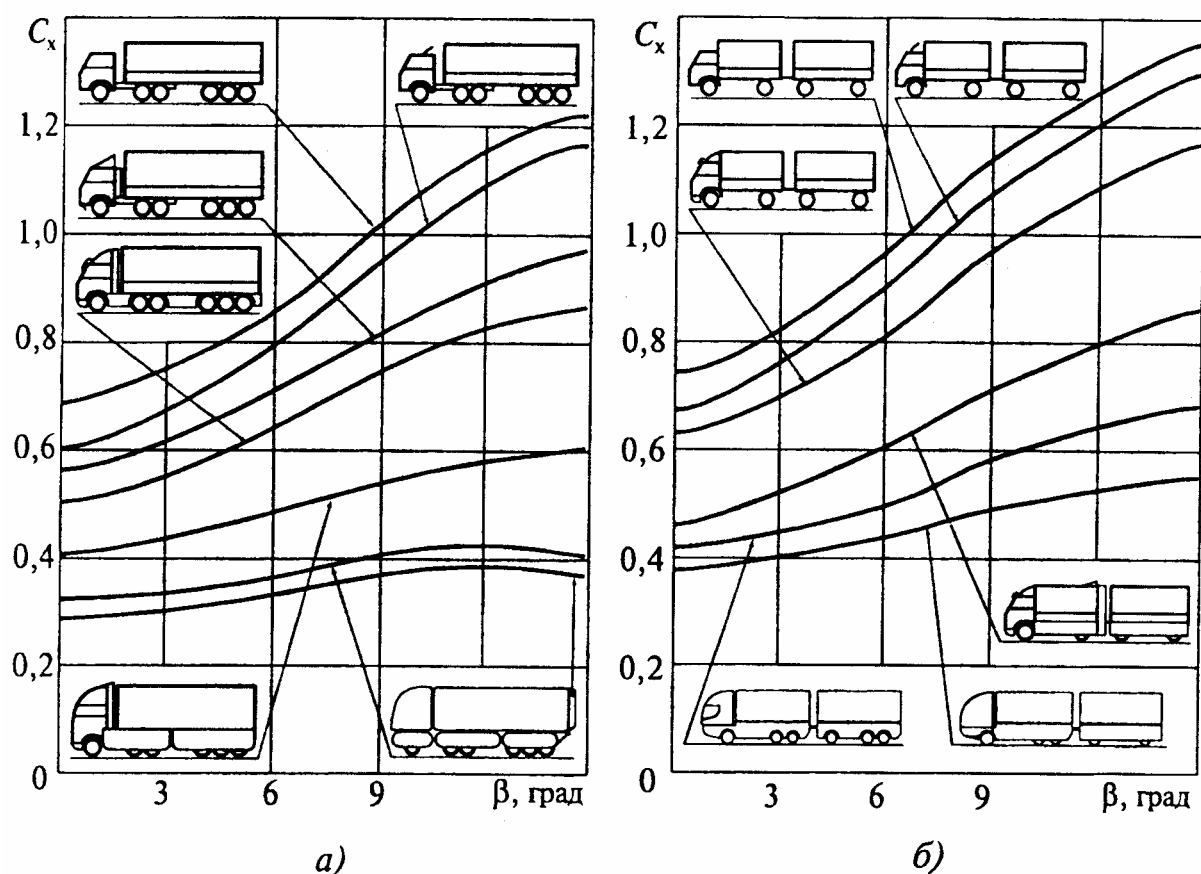


Рис. 5.6. Снижение коэффициента C_x автопоездов путем отработки формы и применения внешних аэродинамических устройств:
а - седельного; *б* - прицепного

В табл. 5.3 приведены соотношения сопротивлений (аэродинамического, качению, потерь в трансмиссии) движению легкового автомобиля и магистрального автопоезда различного уровня обтекаемости по бетонному шоссе с различными скоростями и соответствующих расходов топлива на их преодоление (в %). Видно, что аэродинамическое сопротивление легкового автомобиля при указанных скоростях движения значительно выше его сопротивления качению и потерь в трансмиссии. По мере улучшения обтекаемости и снижения коэффициента C_x расход топлива на преодоление аэродинамического сопротивления автомобиля уменьшается.

Удельный вес аэродинамического сопротивления магистрального автопоезда и расходуемого на его преодоление топлива по мере улучшения обтекаемости уменьшаются. По мере увеличения скорости аэродинамическое сопротивление автопоезда и расход топлива интенсивно возрастают.

На рис. 5.7 показано возможное снижение расхода жидкого топлива за счет увеличения в эксплуатации количества автомобилей и автопоездов со сниженным на 25% аэродинамическим сопротивлением.

Таблица 5.3

Соотношение аэродинамического сопротивления и расхода топлива на его преодоление для автотранспортных средств различного уровня обтекаемости

Исследуемый параметр	Удельный вес аэродинамического сопротивления и расходуемого на его преодоление топлива при различных значениях коэффициента C_x и скоростях движения, в %				
	Легкового переднеприводного автомобиля малого класса массой 0,9 т		Магистрального автопоезда массой 17 т		
	Скорость движения V_a , км/ч				
	90	120	60	80	100
Аэродинамическое сопротивление при C_x : 0,45 (0,85)* 0,35 (0,60) 0,25 (0,45)	60 57 49	70 66 58	46 39 34	55 48 41	60 56 46
Расход топлива на преодоление аэродинамического сопротивления при C_x : 0,45 (0,85)* 0,35 (0,60) 0,25 (0,45)	46 41 33	58 52 44	36 31 22	48 40 30	53 48 32
* В скобках указаны значения коэффициента аэродинамического сопротивления C_x для магистрального автопоезда					

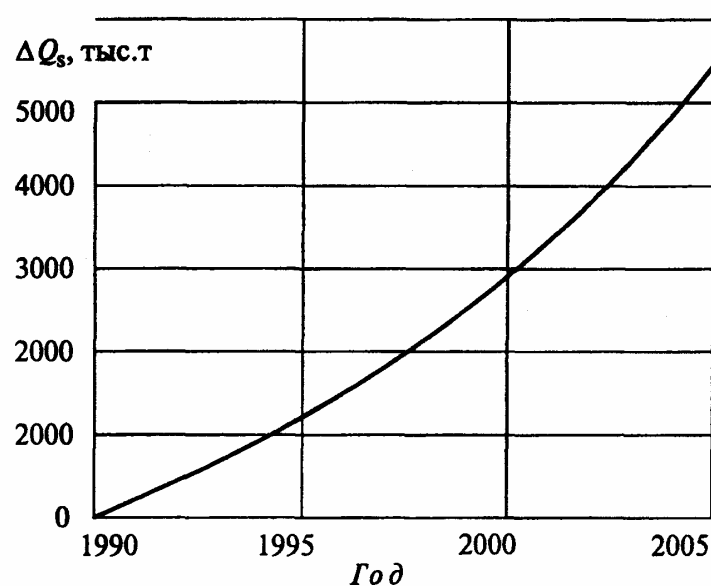


Рис. 5.7. Возможная экономия топлива за счет накопления в парке автомобилей и автопоездов со сниженным на 25% аэродинамическим сопротивлением

Снижение аэродинамического сопротивления позволяет повысить производительность АТС. Как известно, производительность АТС определяется количеством перевезенного груза в тоннах или выполненной транспортной работой в тонно (пассажира)-километрах за единицу времени. Таким образом, повышение производительности обеспечивается как увеличением количества перевезенного груза (пассажиров), так и ростом скорости движения АТС. При этом наряду с экономией топлива, снижение аэродинамического сопротивления 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 количества 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 вихревой 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. Это достигается за счет применения глубоких брызговиков, охватывающих

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 аэродинамический шум определяет комфортность условий работы водителя и относится к числу эргономических факторов, влияющих на безопасность движения. Внешний аэродинамический шум определяет степень воздействия движущегося АТС на окружающую среду и является экологическим фактором.

При движении АТС возникает шумовое загрязнение окружающей среды. Основными источниками шума являются: двигатель, его система питания, забор воздуха и выброса отработавших газов; трансмиссия; шины; поверхность кузова.

Общий внутренний шум движущегося АТС состоит из 3-х 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 $q = \rho V_{\infty}^2 / 2$ в степени 2,75.

В целом имеются 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 зрения обтекаемости формы и наличия острых фронтальных кромок и дополнительных элементов на их поверхности.

Для снижения уровня внешнего и внутреннего шума необходимо улучшать обтекаемость автомобиля путем отработки формы кузова (кабины) и увеличения радиуса закругления их фронтальных кромок.

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.

1. 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 другие.

2. 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.

3. Системный объект – управляемая система, в нашем случае для этого имеется водитель, который пользуется информацией о дорожной обстановке, дорожной разметке, дорожных знаках и другой информацией.

4. Объект состоит из взаимосвязанных компонентов, выполняющих определенные функции в его составе.

5. 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 (железнодорожный, водный, авиационный).

Нарушения в работе каждого из компонентов системы ВАДС приводит к снижению ее эффективности (уменьшению скорости движения, немотивированным остановкам, увеличению расхода топлива) или к аварии (дорожно-транспортному происшествию – ДТП).

Упрощенная схема системы ВАДС представлена на рис. 6.1.

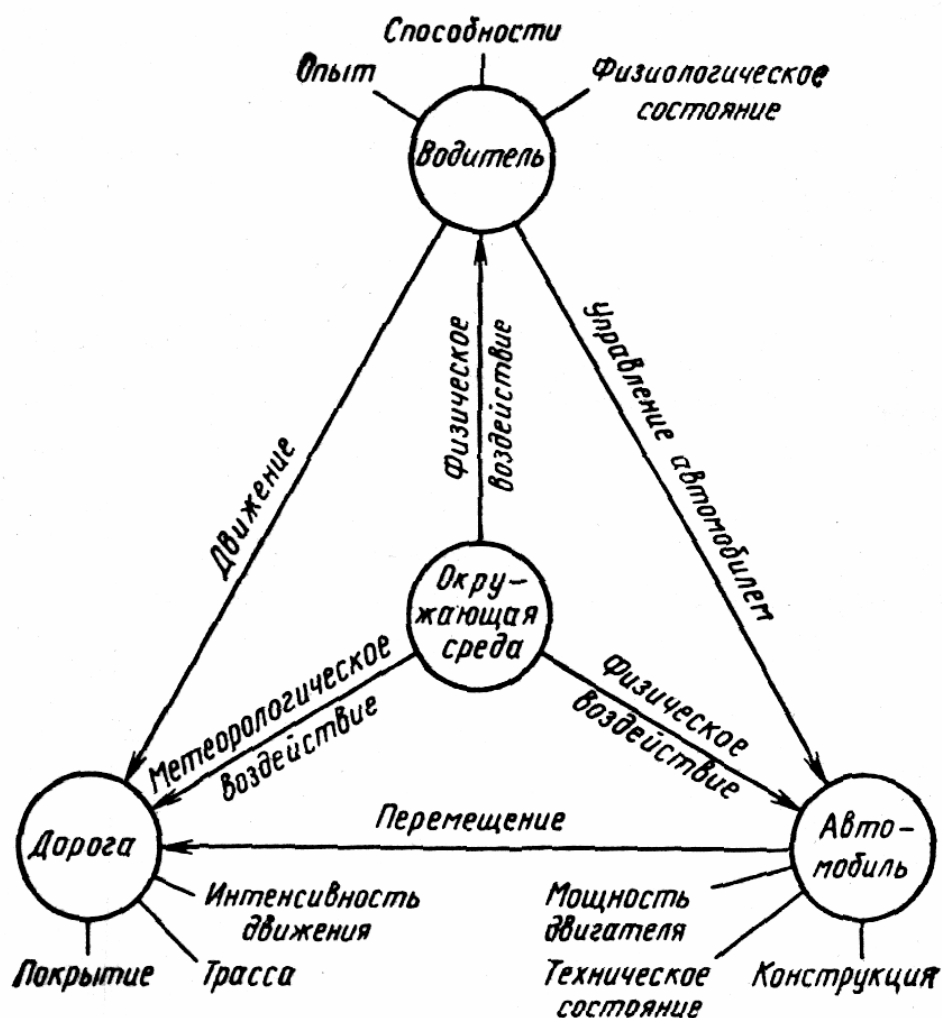


Рис. 6.1. Схема системы водитель – автомобиль – дорога – среда (ВАДС)

Основной характеристикой системы ВАДС является ее надежность. Вообще надежность объекта – свойство выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих заданным режимам и условиям пользования, технологического обслуживания, ремонта. Надежность – сложное свойство, слагающееся из более простых (безотказности, ремонтопригодности, долговечности, сохраняемости). Смысловое значение каждого из упомянутых терминов оговорено соответствующими нормативными документами. В зависимости от вида объекта, надежность его может определяться всеми или частью перечисленных свойств. Для объекта

«ВАДС» надежность зависит, прежде всего, от безотказности. Безотказность – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени.

На рис. 6.1 указаны основные связи между элементами системы ВАДС и некоторые свойства элементов. Ниже свойства элементов системы ВАДС рассмотрены более подробно.

6.2. Элементы системы водитель- автомобиль – дорога – среда и их взаимное влияние

В большинстве развитых стран соответствующими организациями и учреждениями проводится анализ ДТП и определяется причина или причины, которые их вызвали. Естественно, что в разных странах и в разных регионах одной и той же страны дорожные, климатические и иные условия функционирования системы ВАДС существенно различаются, но имеются определенные общие закономерности. Наименее надежным элементом системы ВАДС является человек. По некоторым данным, из-за ошибок человека – водителя и пешехода – происходит более 80% ДТП.

Ниже рассмотрены элементы системы ВАДС и их особенности.

Водитель. Между человеком-пешеходом и человеком-водителем, как основными участниками дорожного движения, имеется существенное различие, обусловленное генетически: пешеход при ходьбе выполняет естественные движения и перемещается с естественной для него скоростью, водитель же совершает своеобразные рабочие движения с относительно небольшой нагрузкой, а скорость его перемещения в десятки раз больше естественной. Водитель в транспортном потоке вынужден действовать в навязанном ему темпе, последствия его решений в большинстве случаев необратимы, а ошибки имеют тяжелые последствия.

В инженерной психологии существует понятие надежности человека-оператора, применительно к водителю – это способность безошибочно управлять автомобилем.

Восприятие появляющихся перед водителем объектов начинается с их беглого осмотра, что дает примерно 15...20% информации, затем он сосредотачивается на каждом из них с детальным распознаванием, и это дает еще 70...80% информации. На основании полученной информации водитель создает в своем сознании динамическую информационную модель окружающего пространства, оценивает ее, прогнозирует развитие и производит действия, которые представляются ему адекватными развитию динамической модели. Деятельность водителя как оператора жестко лимитирована по времени. Он должен замечать информацию об окружающей обстановке, выделять из общего потока информации нужную и важную, опираясь на оперативную память запоминать текущие события, связывать их в единую цепочку и подготавливать их связь с предполагаемыми событиями, которые он может предвидеть.

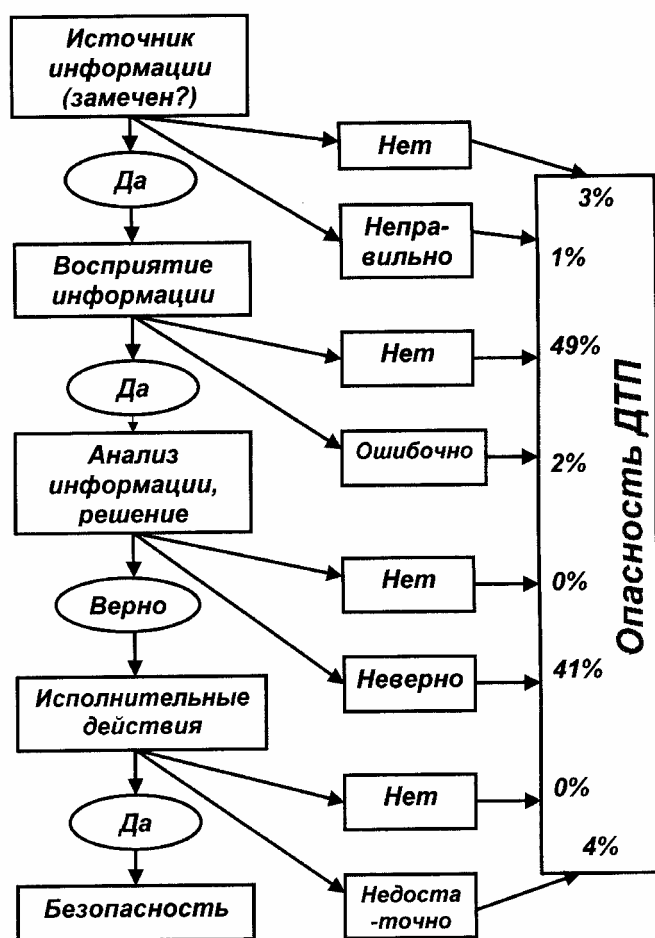


Рис.6.2. Схема принятия решения водителем и возможные ошибки

На каждом из этапов обработки поступающей водителю информации возможны специфические ошибки, приводящие к ДТП. В текущей деятельности водителя можно отметить четыре этапа: выделение источника информации, его оценка, принятие решения, реализация решения (управляющие воздействия на автомобиль). Каждый из этапов выражается вопросом, на который возможно три ответа: да, нет, ошибочно. На основании анализа действий водителей в нескольких сотнях ДТП составлена схема, приведенная на рис. 6.2. При этом было установлено, что основными причинами ДТП была замеченная, но не воспринятая

информация (49%), а также неверно истолкованная информация (41%). Если информация замечена, воспринята, правильно проанализирована, и предприняты верные и достаточные действия, то движение безопасно, т.е. система ВАДС функционирует безотказно.

Способность к оценке и прогнозированию развития дорожной ситуации определяется многими характеристиками человека-водителя, некоторые из них рассмотрены ниже.

Способности конкретного человека к управлению автомобилем, т.е. к его деятельности в качестве водителя – профессионала или любителя – различны. Каждый человек при получении документа на право управления автомобилем проходит медицинскую комиссию, которая оценивает его с точки зрения остроты зрения и слуха, возможностей опорно-двигательного аппарата и т.п. Надежность каждого человека-водителя как элемента системы ВАДС неодинакова, в большинстве случаев, к счастью, ему не приходится оценивать ее непосредственно. Общеизвестно, что определенный процент людей лишен музыкального слуха, и, напротив, некоторые люди обладают выдающимися музыкальными способностями. Таким же образом, некоторые люди весьма способны к достижению высоких

результатов в каком-либо виде спорта, например, в футболе, но слабы как партнеры при игре в шахматы. Подобно этому, из массы людей, пригодных к управлению автомобилем с точки зрения медицинской комиссии, каждый из них имеет большие или меньшие природные способности к этому занятию.

Были проведены специальные исследования, позволяющие определить до 60 психофизиологических показателей (объем внимания, способность к его распределению и переключению, скорость и качество реакций, пропускную способность канала зрительной информации, способность к прогнозированию ситуации, склонность к риску, эмоциональную устойчивость и т.д.). Эти исследования показали, что 95...98% людей в основном пригодны к управлению автомобилем, 2...5% полностью непригодны, а несколько процентов обследованных людей наделены высокими способностями. Таким образом, основная масса водителей не имеет стопроцентной надежности как элемент системы ВАДС в силу своих природных особенностей.

Профессиональная подготовка водителя может быть весьма различной. Обычная школа или курсы по подготовке водителей категории «В» формируют у обучаемого определенные навыки, но уровень их невысок. От человека, успешно окончившего такие курсы, бесполезно требовать, например, удачного маневрирования задним ходом с двухосным прицепом. Повышение водительского мастерства может быть достигнуто обучением на специальных курсах и тренировками. Человек может обучиться вождению автомобиля в экстремальных условиях (гололед, тяжелое бездорожье) и специальным приемам управления (прохождение поворотов на высокой скорости с пробуксовкой и заносом четырех колес, преодоление отдельных препятствий в прыжке, переключение передач без сброса подачи топлива, развороты с использованием стояночного тормоза и т.п.). Такая подготовка производится на специальных курсах или в спортивных секциях.

Опыт, который приходит с течением времени при регулярном управлении автомобилем, является очень существенным, а иногда решающим, фактором, характеризующим надежность водителя как элемента системы ВАДС. Чем опытнее и наблюдательнее водитель, тем более полной оказывается создаваемая им динамическая модель дорожно-транспортной ситуации и прогнозирование ее развития. Опытный водитель больше застрахован от неожиданностей и может в большей степени влиять на ситуацию. Кроме того, он реже попадает в опасные условия, предвидя возможность их возникновения. При резком изменении дорожной обстановки у опытного водителя не развивается эмоциональный стресс, он сохраняет способность оценивать, думать, решать и действовать, опираясь на сохраненные в памяти аналогичные ситуации. Результаты обследования большого числа водителей такси показали, что устойчивые навыки безопасного вождения формируются у них в среднем через 6...7 лет работы.

В о з р а с т водителя как фактор, влияющий на надежность функционирования системы ВАДС, оценивается по вероятности попадания водителей в ДТП, это поясняется рис. 6.3.

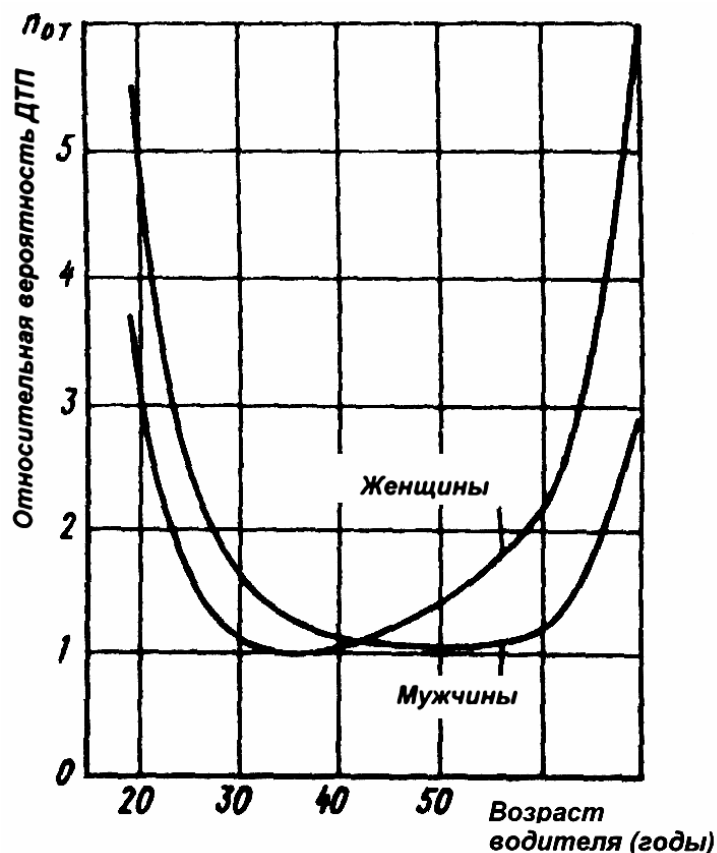


Рис. 6.3. Влияние возраста водителей (мужчин и женщин) на вероятность попадания в ДТП

Статистический анализ ДТП, проведенный в разных странах, выявил некоторые общие закономерности, касающиеся возраста водителей. Существуют понятия «младший опасный возраст» и «старший опасный возраст». Для молодых водителей характерны две тенденции: одна — неопытность, азарт, эмоциональная возбудимость, другая — способность быстро принимать решения и реализовать их. Первая тенденция отрицательна, вторая — положительна. В целом вероятность попадания молодых водителей в ДТП велика (см. рис. 6.3). С увеличением возраста надежность во-

дителя возрастает, но происходит это у мужчин и женщин по-разному: нижняя граница условно-безопасного возраста у мужчин наступает примерно к 26...34 годам, а у женщин — к 23...27 годам. С увеличением возраста водители-женщины раньше водителей-мужчин выходят из условно-безопасного возраста. Старший опасный возраст при одинаковом коэффициенте опасности наступает у женщин в 63 года, у мужчин — в 69. При достижении этих возрастных границ накопленный опыт не компенсирует замедления реакций. Приведенный график дает лишь ориентировочную информацию: он не учитывает тяжести проанализированных ДТП, условий их возникновения и характера (удары в бок автомобиля, фронтальные столкновения, количество участвовавших в ДТП автомобилей и др.).

Физиологическое состояние водителя определяется различными факторами: утомлением, болезнями и лекарствами, нетрезвым состоянием и другими.

При утомлении снижается слуховая, зрительная и тактильная чувствительность, увеличивается длительность скрытого периода двигательных реакций (латентный период), рассеивается внимание. В этом проявляется

своеобразное природное стремление организма к самозащите от внешних раздражителей, к восстановлению жизненных функций с отдыхом.

Различные болезненные состояния человека влияют на его способность управлять автомобилем двояко: непосредственно, через ухудшение самочувствия и соответствующее изменение реакций, а также через воздействие принимаемых лекарственных препаратов. Ухудшение самочувствия знакомо практически каждому и поэтому не комментируется. Многие лекарственные препараты, принимаемые водителем для лечения или снижения болезненных симптомов, оказывают негативное влияние, прежде всего на время реакций. В аннотации к каждому из препаратов обязательно указывается возможность его использования в условиях, в которых работает водитель.

Алкогольное или наркотическое опьянение проявляется у водителя следующим образом: при малой дозе происходит кратковременное улучшение общего самочувствия, сокращается время реакций, но одновременно неадекватно увеличивается самооценка своих способностей. Затем резко снижается безотказность работы водителя: парализуются тормозные функции коры головного мозга, снижается способность оценивать дорожно-транспортную ситуацию, координация движений ухудшается. Установлено, что слабое алкогольное опьянение (0,3...0,5% алкоголя в крови) увеличивает вероятность появления ДТП в 7 раз, среднее алкогольное опьянение (1,0...1,4% алкоголя в крови) – в 30 раз. Отрицательные последствия приема значительных доз алкоголя сохраняются в течение 2...3 суток.

Автомобиль как элемент системы ВАДС, ее подсистема, может рассматриваться с различных точек зрения: как объект конструкторской разработки, как объект эксплуатации с оценкой его отказов, как объект технического обслуживания и ремонтов, как элемент системы экономических отношений, возникающих при эксплуатации, а также с многих других точек зрения. Учитывая специфику данного учебника, мы не будем рассматривать в этом разделе те свойства автомобиля, которые касаются взаимодействия с ним людей – водителя, пассажиров, пешеходов, других участников движения, работников, занятых техническим обслуживанием машины, поскольку они рассмотрены в других разделах книги. Кратко остановимся лишь на некоторых свойствах автомобиля, влияющих на его активную безопасность, т.е. на вероятность появления ДТП с его участием.

Мощность двигателя автомобиля определяет его динамические свойства, в частности, интенсивность разгона. С увеличением мощности, точнее – удельной мощности, приходящейся на единицу массы автомобиля, сокращается время разгона, что благоприятно влияет на активную безопасность. Известно, что выйти из опасной дорожно-транспортной ситуации часто лучше не торможением автомобиля, а увеличением его скорости.

Другим важным свойством автомобиля, влияющим на безопасность движения, является его способность точно выдерживать ту траекторию, которая задается водителем. Иногда применяют термин «невозмутимость

автомобиля», понимая под ним способность автомобиля «прощать» ошибки водителя, его неумелые, неквалифицированные или неадекватные обстановке действия. Свойство «невозмутимости» – комплексная характеристика, неразрывно связанная в основном с устойчивостью и управляемостью автомобиля.

Под техническим состоянием автомобиля с точки зрения его влияния на активную безопасность понимается исправность его агрегатов, узлов и систем. Важно понимать, что на надежность автомобиля как элемента системы ВАДС в сочетании с другим элементом этой системы – водителем – оказывает существенное влияние не только исправность, например, тормозной системы или рулевого управления, но и нормальная работа системы регулирования температуры воздуха в салоне или кабине, исправность стеклоочистителя, устройства обдува ветрового стекла теплым воздухом и т.п.

Ниже подробнее рассматривается специфическое свойство автомобиля – внешняя информативность, как элемент активной безопасности.

Дорога. Автомобильная дорога характеризуется весьма многими показателями. Такие качества дороги, как ровность и сцепные свойства дорожного покрытия, ширина проезжей части, наличие поворотов и уклонов и другие, непосредственно влияют на безопасность движения, и это достаточно очевидно. В этом разделе мы рассмотрим только некоторые свойства дороги, а именно те, которые, может быть косвенно и не очень явно, проявляются в работе водителя как человека-оператора.

Т р а с с а дороги может быть проложена по-разному. Желательно, чтобы на дороге было меньше поворотов и она, таким образом, была бы кратчайшим расстоянием между двумя точками. Желательно также, чтобы дорога была горизонтальной, чтобы на ней не было спусков и подъемов. На карте холмистой местности можно провести трассу дороги по линейке, но тогда на ней будет множество уклонов; можно, напротив, провести ее по горизонталям карты, тогда уклонов не будет, но она станет длиннее. И при первом, и при втором решении, скорее всего, потребуется большое количество инженерных сооружений (мостов, эстакад, насыпей и т.п.). Естественно, что при практическом проектировании дороги вопрос трассы решается разумным компромиссом.

С точки зрения эргономических условий работы водителя важно, чтобы была обеспечена достаточная видимость дороги. Основная информация поступает водителю по зрительному каналу (до 95%). Поле зрения водителя в зависимости от дорожных условий и скорости движения автомобиля меняется. При открытой местности и малой интенсивности движения водитель наблюдает пространство впереди на расстоянии до 600 м, в условиях городских улиц это расстояние уменьшается в 10 и более раз. В силу физиологических особенностей водитель может сосредоточить внимание на каком-либо одном факторе, остальные явления воспринимаются лишь в большей или меньшей степени. При увеличении скорости движения зона сосредоточенного взгляда уменьшается. Экспериментально уста-

новлено, что при скорости 28 км/ч угол зрения водителя в горизонтальной плоскости составляет около $\pm 18^\circ$, а при скорости 80 км/ч уменьшается до $4...5^\circ$. Конечно, при этом возрастает вероятность неожиданного для него изменения дорожной ситуации. Подобный результат дает и увеличение плотности транспортного потока, когда внимание водителя сосредоточено на идущем впереди автомобиле. В этом проявляется другая существенная характеристика дороги как элемента системы ВАДС – **интенсивность движения**.

При движении по прямой, ровной, мало загруженной транспортом дороге внимание водителя рассредоточивается, притупляется, возникает некоторая «сонливость». При неожиданном изменении дорожно-транспортной обстановки водителю требуется определенное время, чтобы преодолеть так называемую психологическую инерцию. Не случайно многие скоростные автомобильные дороги, пролегающие по ровной местности, имеют пологие повороты, не вызванные никакой другой необходимостью, кроме поддержания у водителя определенного напряжения внимания.

Движение в условиях плотного транспортного потока является другой крайностью. Водитель находится в состоянии высокой бдительности, он готов к немедленным действиям. Время реакции сокращается вдвое. Однако длительное пребывание в таком режиме приводит к появлению синдрома тревожного ожидания, которое значительно скорее вызывает утомление. Избыток информации о дорожно-транспортной ситуации снижает надежность водителя.

Статистика ДТП показывает, что значительная их часть происходит на мало загруженной дороге, при ясной, сухой погоде и хорошей видимости. На крутых поворотах происходит всего 0,6% ДТП, а большинство – на прямых участках дороги; число ДТП в тумане – только 0,1%, а при снегопаде – 3,5%. Оказывается, что неблагоприятные условия движения не вызывают соответствующего увеличения количества ДТП. Это можно объяснить тем, что водитель возмещает это ухудшение условий повышением внимания, снижением скорости движения, более осторожно ведет автомобиль, хотя, разумеется, при этом он больше утомляется. Таким образом, водитель, как гибкий элемент системы ВАДС, в состоянии перенастроиться и компенсировать неблагоприятные изменения других элементов системы.

Дорога как элемент системы ВАДС влияет на водителя и эмоционально. Очевидно, что длинный участок дороги вдоль пыльного забора цементного завода больше утомит водителя, чем такой же по длине участок в весенней березовой роще.

Каждая автомобильная дорога рассчитана на определенную пропускную способность. В процессе движения одновременно функционируют многие системы ВАДС, где каждая такая система включает в себя один автомобиль и одного водителя. При малой плотности транспортного потока взаимное влияние отдельных систем ВАДС невелико, и в основном прояв-

ляются межэлементные связи внутри каждой из систем. С увеличением интенсивности движения взаимное влияние систем растет, и все большее значение приобретают межсистемные связи. Все многообразие режимов движения можно разбить на четыре интервала – уровня удобства. Каждый из уровней зависит от соотношения реальной плотности транспортного потока и пропускной способности дороги.

Статистика ДТП при разной относительной загрузке дороги приведена в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Зависимость отказов системы ВАДС от относительной загрузки дороги

Уровень удобства	А	Б	В	Г
Использование пропускной способности дороги, %	До 20	20...45	46...70	70...100
Отказы, % :				
опрокидывание	79,5	20,1	5,2	–
наезд на препятствие	5,0	10,9	6,0	1,6
съезд с дороги	8,0	7,0	3,0	0,3
боковой наезд при обгоне	2,0	8,1	7,5	3,1
лобовое столкновение	5,3	48,8	18,2	0,5
наезд на впереди идущий автомобиль	0,2	5,1	60,0	94,5

Свободный транспортный поток (уровень А) характеризуется минимальными взаимными помехами автомобилей, поскольку их на дороге мало. Типичные ошибки водителей при этих условиях: превышение скорости сверх допустимой по условиям безопасности движения, потеря управления. Наиболее характерные ДТП – опрокидывание автомобиля, съезд с дороги.

При постепенном увеличении интенсивности движения закономерно увеличивается внимательность водителя, это заметно по снижению вероятности ДТП. Возникает необходимость обгонов, но при небольшом количестве встречных автомобилей они не вызывают затруднений. С возрастанием плотности движения (уровень Б) обгон затрудняется, за медленно движущимися автомобилями скапливается несколько машин, увеличивается время ожидания условий для обгона. Изменяется структура отказов: увеличивается количество ДТП, связанных с обгоном, их относительное количество преобладает.

При дальнейшем увеличении транспортного потока движение автомобиля становится более зависимым от других автомобилей, время ожидания условий для обгона увеличивается, обгон сопровождается возрастающим риском. Появляется своеобразная пульсация скорости транспортного потока, что приводит к увеличению числа попутных столкновений (уровень В).

При увеличении плотности транспортного потока до предельной по пропускной способности дороги (уровень Γ) обгоны практически исключаются, поток становится прерывистым, возможна периодическая остановка потока, возникают транспортные пробки, существенно снижается средняя скорость движения, соответственно снижается и пропускная способность дороги.

Окружающая среда. Принято различать внешнюю среду, в которой пребывает дорога и автомобиль, и внутреннюю – среду пребывания людей в автомобиле.

Окружающая среда влияет на все другие элементы системы ВАДС, причем дорога – единственный элемент системы, который постоянно подвергается всем воздействиям окружающей среды (суточным, погодным, сезонным, климатическим).

6.3. Внешняя информативность автомобиля и трактора

Динамическая информационная модель дорожно-транспортной ситуации создается в сознании водителя на основе информации, поступающей к нему через органы чувств.

И н ф о р м а ц и я (от лат. *informatio* – разъяснение, изложение) – общенаучное понятие, включающее обмен сведениями между людьми, человеком и автоматом. Применительно к нашему предмету – это множество свойств объекта, воспринимаемых в процессе его опознания.

Информация состоит из совокупности сигналов.

С и г н а л (от лат. *signum* – знак) – знак, физический процесс (или явление), несущий сообщение о каком-либо событии либо передающий команду управления, указания, оповещения и т.д. Для водителя сигналом может быть другой автомобиль, дорожный знак, сигнал торможения идущего впереди автомобиля, жест регулировщика и т.п.

В условия плотного транспортного потока и дефицита времени на обработку поступающей водителю информации особенно важно, чтобы каждый автомобиль, как участник дорожного движения, был вовремя замечен, опознан и предоставил водителям достаточный объем информации о себе, иначе говоря, автомобиль должен обладать определенной информативностью.

И н ф о р м а т и в н о с т ь – совокупность потенциальных свойств, присущих объекту и определяющих возможность его опознания. В данном разделе говорится о внешней визуальной информативности автомобиля или трактора, внутренняя информативность рассмотрена разделе 3.2, посвященном панели приборов.

Принято различать пассивную и активную внешнюю информативность. Пассивная информативность – способность автомобиля или трактора передавать информацию без затрат энергии (формой, цветом, световозвращающими устройствами). Активная информативность – способность

передавать информацию с затратами энергии для осуществления этого (система освещения и световой сигнализации).

Чтобы другие водители могли правильно воспринять информацию об автомобиле и оценить ее, автомобиль должен внятно «заявлять о себе». Это помогает другим водителям прогнозировать возможные изменения скорости или траектории движения автомобиля. Например, компактный легковой автомобиль в условиях плотного транспортного потока может резко ускориться или повернуть, но этого трудно ожидать от автобуса или тяжелого грузового автомобиля.

Ф о р м а кузова содержит определенную информацию о потенциальных динамических свойствах автомобиля. Если водитель, например, собирается совершить обгон, то он оценивает дистанцию до встречного автомобиля и, в зависимости от предполагаемой скорости этого встречного автомобиля, принимает решение о начале обгона или об отказе от него. При этом имеет значение информация о скоростных возможностях встречной машины, которая и сообщается водителю, в частности, посредством формы этого автомобиля.

Ц в е т (точнее – цветографические свойства) транспортного средства характеризуется следующими параметрами:

- сигнальностью, т.е. возможностью четкого выделения транспортного средства из потока;
- опознаваемостью (возможностью определить с помощью цвета или сочетания цветов тип и назначение транспортного средства);
- психофизиологической комфортностью (отсутствием нарушения восприятия при длительном воздействии цвета на зрение).

Для пояснения значения цвета в восприятии объекта обратимся к представителям живой природы. Эволюция выработала у них несколько видов окраски, помогающих выживанию.

Маскирующая окраска помогает живому существу зрительно слиться с фоном, сделаться незаметным. Заяц, например, зимой – белый, а летом – коричневато-серый. У обитателей моря верхняя часть тела окрашена в коричневато-синий цвет, а нижняя – серебристо-белая, что соответствует цвету глубокой воды при взгляде сверху или, наоборот, из глубины к поверхности. Некоторые живые существа (осьминоги, хамелеоны) меняют окраску в зависимости от цвета конкретного места, в котором они находятся. Для армейской формы маскирующую окраску (цвет «хаки») впервые применили, по-видимому, японцы во время русско-японской войны. Это давало японским солдатам несомненные преимущества по сравнению с белыми гимнастерками русских солдат.

Разбивающая окраска характеризуется более или менее крупными пятнами двух-трех контрастных цветов. Она рассчитана на то, что какой-либо из цветов сольется с цветом фона местности, и тогда наблюдателем живое существо не воспринимается как таковое, он видит лишь несколько беспорядочных пятен. Этим приемом пользуются для окрашивания армейской техники и одежды (камуфляж).

В природе живые существа используют также пугающую, угрожающую окраску. Например, бабочки на крыльях могут иметь пятна, напоминающие глаза крупного животного.

Сказанное выше дает представление о том, как не надо окрашивать обычное транспортное средство.

С точки зрения сигнальности целесообразно окрашивать транспортные средства в такие цвета, которые в наибольшей степени контрастировали бы с цветом фона, с преобладающим цветом местности, в которой они в основном эксплуатируются. Белый автомобиль зимой на снегу плохо заметен, что повышает вероятность ДТП с его участием. Автомобиль цвета «мокрый асфальт» плохо различим в сумерках на обычной дороге.

Можно сформулировать некоторые общие рекомендации по выбору цвета автомобиля или трактора.

Белый цвет зрительно увеличивает размеры предмета. В результате маленький легковой автомобиль будет казаться больше, он лучше заметен на дороге практически при любом освещении.

Черный цвет традиционно используется для автомобилей, имеющих официальное назначение (для служебных и представительских автомобилей). Такие машины обычно имеют большие габариты, а черный или темно-синий цвет окраски зрительно несколько уменьшает их. Для маленьких легковых автомобилей черный цвет вряд ли уместен.

Яркие цвета (красный, оранжевый, желтый, ярко-зеленый, голубой) делают автомобиль хорошо заметным на дороге и снижают вероятность появления ДТП.

Светло-коричневый, бежевый и приглушенный темно-желтый цвета практичны, на них мало заметна дорожная грязь, но они хуже воспринимаются как зрительный сигнал. Трудно представить себе скоростной спортивный автомобиль с таким цветом.

Для трактора, работающего в поле, в лесу или кустарнике часто используют красновато-коричневый цвет. Это оправдано по двум соображениям: на фоне зеленой листвы он лучше заметен, и на нем меньше видна грязь.

Все темные цвета (темно-серый, черный, темно-синий, темно-зеленый и другие) даже при легком тумане и в сумерках делают автомобиль малозаметным и повышают вероятность ДТП.

Кроме перечисленных соображений в пользу того или иного цвета окраски автомобиля или трактора, приходится учитывать требования моды и индивидуальные запросы потенциального покупателя. Многие автомобильные фирмы, озабоченные увеличением продаж своей продукции, проводят специальные исследования с привлечением профессиональных психологов и маркетологов. Время от времени результаты таких исследований публикуются в средствах массовой информации. Чаще всего эти публикации носят шуточный характер, но в основе исследований лежат серьезные психофизиологические факторы. Ниже приведены закономерности, связывающие цвет легкового автомобиля с особенностями характера его вла-

дельца (разумеется, это справедливо только в том случае, если человек свободно выбирает цвет приобретаемого автомобиля).

Белый автомобиль (прежде всего большой белый автомобиль) – владелец любит себя; цвет используется кино- и телезвездами, знатными персонами (или считающими себя знатными) для различных торжественных мероприятий; очень уместен при свадебных церемониях.

Небольшой белый автомобиль: владелец – спокойный уравновешенный человек, отец семейства, имеющий неплохую работу и уверенность в будущем, возможно – наиболее «безопасный» водитель.

Черный – владелец точно знает, чего он хочет, полагает себя официальным лицом, уверен в себе.

Ярко-красный – человек любит быть в центре компании; чаще всего относительно молод; полагает, что обладает высоким водительским мастерством; манера езды – агрессивная.

Серый (различных оттенков) – владелец – настоящий профессионал, невозмутимый, спокойный, открытый, предельно рациональный, умеет доводить начатое дело до конца.

Голубой, «морская волна» – владелец доволен своей жизнью, в меру общителен, но несколько замкнут, великодушен, тактичен.

Серебряный – владелец обостренно реагирует на юмор, многие люди считают его таинственным.

Темно-зеленый – у владельца всегда хорошее настроение, он добрый и порядочный человек, чувствует себя счастливым.

Желтый, золотистый – владелец надежен и умеет обращаться с деньгами, в непонятных обстоятельствах предпочитает выждать.

Если считать, что приведенная зависимость цвета автомобиля от характера его владельца справедлива, то надо учитывать, что существует и определенная обратная зависимость: водитель ярко-красного легкового автомобиля, скорее всего, будет иначе вести себя по отношению к другим участникам движения, чем тот же водитель, если он едет на темно-сером автомобиле той же марки или, тем более, на тихоходном грузовике.

Автомобили специального назначения (пожарные, аварийные, скорой медицинской помощи и др.) имеют специальную раскраску, предписанную руководящими документами.

В темное время суток основные сигнальные функции выполняются приборами наружного освещения и системой световой сигнализации автомобиля или трактора. При этом наружное освещение выполняет две задачи: обеспечивает водителю видимость и делает транспортное средство видимым для других участников движения. Для выполнения первой задачи – освещения – служат фары, для второй – фонари и пассивные светосигнальные устройства (светоотражатели, катафоты).

В стандарте (ГОСТ Р 41.48-99 (Правило ЕЭК ООН № 48)) устройства, предназначенные для освещения дороги и подачи световых сигналов другим участникам дорожного движения, именуются «огнями».

Огни характеризуются расположением, углами видимости в вертикальном и горизонтальном направлениях, цветом. Под углами геометрической видимости понимаются углы, определяющие зону минимального телесного угла, в которой должна быть видна видимая поверхность огня.

Огни, расположенные на передней части автомобиля, показаны на рис. 6.4.

Фары 1 дальнего света (белые, две или четыре), могут комбинироваться с фарами ближнего света или устанавливаться отдельно, в любом случае – симметрично относительно продольной средней вертикальной плоскости транспортного средства. Фара дальнего света – огонь, предназначенный для освещения дороги на большое расстояние спереди от транспортного средства (на автомобиле обязательна, на прицепе запрещена). Обязательно наличие контрольного сигнала о включении фар дальнего света, обычно это индикатор синего цвета на панели приборов.

Габаритный огонь 2 (белый) служит для сигнализации спереди транспортного средства и его габаритной ширины (его установка обязательна на автомобилях и прицепах шириной более 1600 мм). Расположение: по ширине – наружная точка видимой поверхности должна находиться на расстоянии не более 400 мм от наружной габаритной поверхности транспортного средства; по высоте – нижняя кромка видимой поверхности на высоте не менее 350 мм от дороги, верхняя кромка – не более 1500 мм (в некоторых случаях до 2100 мм). Контрольный сигнал для водителя (лампочка на панели приборов) обязателен.

Указатель поворота 3 (желтый) сигнализирует о намерении водителя повернуть вправо или влево. Огонь мигающий, часто совмещается с габаритным огнем, контрольный сигнал для водителя обязателен.

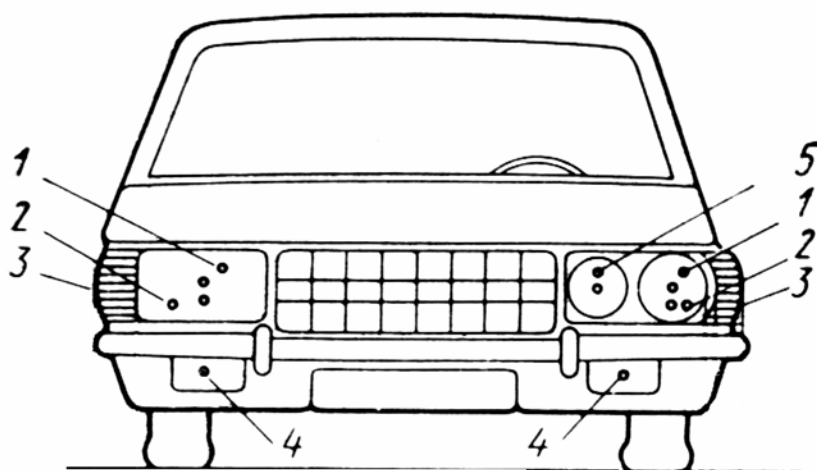


Рис. 6.4. Осветительные устройства и сигнальные огни на передней части транспортного средства:

1 – фара дальнего и ближнего света; 2 – габаритный огонь; 3 – указатель поворота; 4 – противотуманная фара; 5 – фара ближнего света

Противотуманная фара 4 (белая или желтая) факультативна на автомобилях, запрещена на прицепах, обязательна парная установка. Световой

поток почти «плоский» по высоте, но широкий в боковых направлениях. Требования к расположению: по ширине – наружная точка должна находиться на расстоянии не более 400 мм от наружной габаритной поверхности автомобиля; по высоте – нижняя точка – не менее 250 мм от дороги, верхняя – не выше верхней точки фары ближнего света.

Фара 5 ближнего света (белая, две); имеет то же назначение, что и фара дальнего света, но излучаемый ею световой поток сформирован таким образом, чтобы не ослеплять чрезмерно и не причинять неудобства водителям встречных транспортных средств и другим участникам дорожного движения. Световой поток ограничен сверху и сделан асимметричным: в сторону обочины дороги (для России – вправо) фара светит на большее расстояние. Расположение: по ширине – не более 400 мм от габарита автомобиля, по высоте – минимум 500 мм (нижняя точка фары), максимум – 1200 мм (верхняя точка).

Схема расположения огней в задней части транспортного средства показана на рис. 6.5.

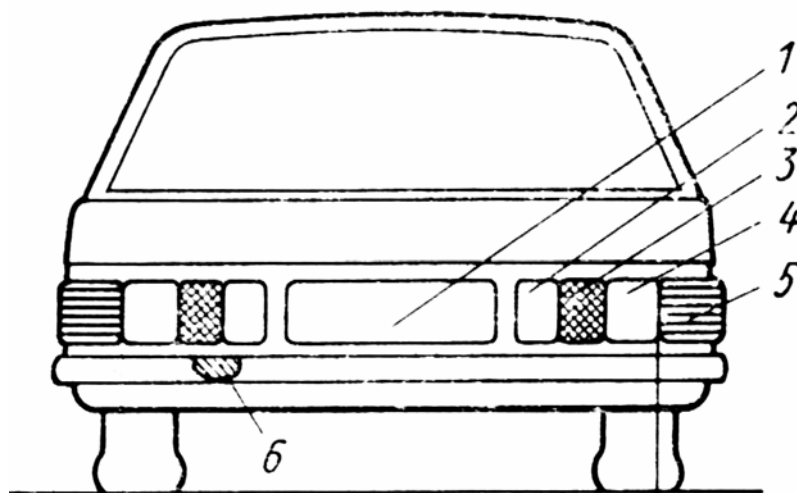


Рис. 6.5. Схема расположения огней в задней части транспортного средства:

1 – фонарь освещения номерного знака; 2 – фонарь света заднего хода; 3 – стоп-сигнал; 4 – габаритный огонь; 5 – указатель поворота; 6 – противотуманный фонарь

Фонарь 1 освещения заднего номерного знака, белый, является обязательным для всех транспортных средств, включается одновременно с включением габаритных огней, поэтому специальная индикация включения не требуется. Специальных предписаний по месту установки нет, но обязательное требование сводится к тому, что должно освещаться место расположения номерного знака.

Фонарь 2 заднего хода (белый, один или два), служит для освещения дороги при движении задним ходом и для оповещения об этом других участников дорожного движения (должен включаться автоматически при включении передачи заднего хода). Обязателен для всех транспортных

средств, кроме прицепов (для прицепов – факультативен). Минимальная высота расположения над дорогой – 250 мм, максимальная – 1200 мм.

Стоп-сигнал 3 (красный) загорается при включении рабочего тормоза (обычно парный, минимальное расстояние между правым и левым – 600 мм).

Габаритный огонь 4, (красный, парный) устанавливается на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины транспортного средства и на высоте не менее 350 мм и не более 1500 мм от грунта (в отдельных случаях – 2100 мм).

Со стоп-сигналом или задними габаритными огнями могут комбинироваться (если они не устанавливаются отдельно) задние светоотражающие устройства нетреугольной формы (два, симметрично). Они обязательны для автомобилей, располагаются на расстоянии не более 400 мм от края габаритной ширины, на высоте от 250 до 900 мм над дорогой.

Указатель поворота 5, желтый, так же, как и передний, сигнализирует о намерении водителя повернуть вправо или влево. Расположение по ширине – не более 400 мм от боковой габаритной плоскости транспортного средства, по высоте – обычно от 500 до 1500 мм над дорогой (в отдельных случаях – от 350 до 2300 мм).

Задний противотуманный фонарь 6, красный, является обязательным, он может быть парным или одиночным, в последнем случае устанавливается (для стран с правосторонним движением) слева от продольной плоскости симметрии транспортного средства. Включается отдельным выключателем, контрольный сигнал обязателен.

Кроме описанных сигнальных огней, применяются и другие.

Аварийный сигнал – создается одновременным включением в мигающем режиме всех указателей поворота, установленных на автомобиле. Обязателен контрольный сигнал, также работающий в мигающем режиме.

Применяются также стояночный огонь, контурный огонь, различные светоотражающие устройства. Их расположение оговорено стандартом.

Никакой огонь не может быть мигающим, за исключением огней указателей и огней аварийного сигнала, мигающий режим которых должен иметь частоту 90 ± 30 в минуту. Никакой свет красного цвета не должен излучаться вперед транспортного средства, аналогично никакой свет белого цвета не должен излучаться назад, кроме фонарей заднего хода.

В некоторых случаях, оговоренных стандартами, транспортные средства оборудуются мигающими огнями («маячками»), видимыми со всех сторон.

Тракторы оборудуются фарами, свет которых должен обеспечивать достаточную освещенность дороги в направлении движения, а также пространства, на котором производятся технологические операции (ГОСТ 12.2.019-86). При движении тракторов по дорогам общего пользования, их светосигнальные устройства должны соответствовать тем же стандартам и

правилам, что и для других транспортных средств (автомобилей, прицепов и т.п.).

7. ИНТЕРЬЕР КУЗОВОВ И КАБИН

При разработке интерьера пассажирского салона или кабины автомобиля или трактора необходимо определить геометрические параметры помещения, в котором располагаются люди, расположить в нем достаточно удобные сиденья и выполнить отделку внутренних поверхностей. Конструктор, занимающийся компоновкой внутреннего пространства автомобиля или кабины трактора, решает сложную и противоречивую задачу. С одной стороны, он должен стремиться к уменьшению этого пространства, потому что тогда потребуется меньше материалов для изготовления машины, разрабатываемый объект станет легче и дешевле. С другой стороны, человек в кабине или кузове должен быть обеспечен достаточным уровнем комфорта, прежде всего удобным положением для управления данной машиной или для пользования ею в качестве пассажира.

7.1. Компоновка внутреннего пространства кабины и кузова

Внутреннее пространство легкового автомобиля, автобуса и трактора существенно различается, поэтому вопросы, относящиеся к этим объектам, рассмотрим последовательно.

Компоновка салона легкового автомобиля. На рис. 7.1 схематично показана боковая проекция салона. Положение водителя определяется координатами точки H_1 (R_1) относительно элементов кузова (a и e по рисунку). Размещение водителя рассмотрено в разделе 2.1 учебника. Поэтому здесь проанализируем размещение пассажира, находящегося на заднем сиденье, пассажир на переднем сиденье располагается аналогично водителю.

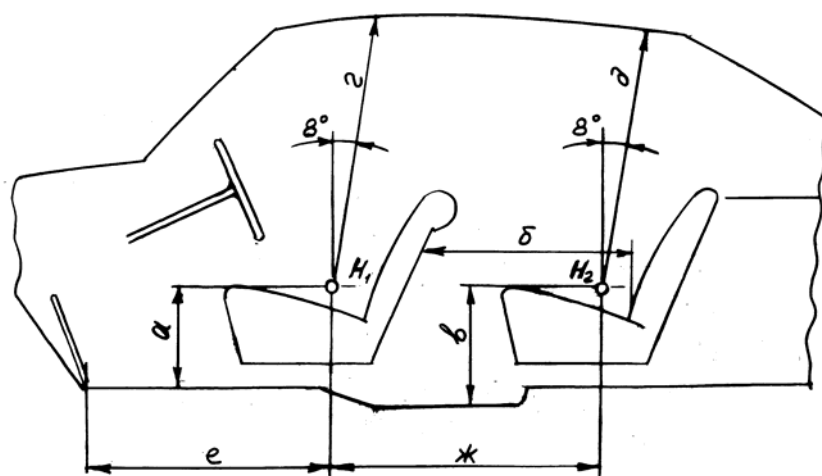


Рис. 7.1. Схема салона легкового автомобиля

Будем полагать, что сиденье водителя находится в крайнем заднем положении, форма сиденья и толщина спинки в основном определены. На

компоновочном чертеже стараются разместить двухмерный манекен пассажира 95-го уровня репрезентативности таким образом, чтобы его колени не упирались в спинку переднего сиденья, а высота сиденья была достаточной для удобной посадки и не приводила бы к излишнему уменьшению расстояния от точки H_2 (R_2) до крыши. Для упрощения задачи можно воспользоваться изложенными ниже рекомендациями.

Для автомобиля среднего класса можно принять следующие размеры (см. рис. 7.1): b – 650 мм; e – 345 мм; d – 850 мм. Размер $ж$ при этом будет близок к 800 мм. Разумеется, что здесь указаны ориентировочные размеры, конкретные их значения получатся при реальной компоновке с учетом предполагаемого силуэта кузова, высоты водительского сиденья и других факторов, а прежде всего – от класса автомобиля. Координаты точек H_1 и H_2 определяются с учетом деформации подушки сиденья и спинки от веса сидящего человека. Для компоновки небольшого автомобиля пассажирское сиденье будет размещено ближе к спинке водительского, и, возможно, будет использован манекен 50-го уровня репрезентативности.

Как ориентировочные, укажем также размеры, касающиеся переднего сиденья: a – 260 мм; e – 800 мм; z – 875 мм.

Глубина сиденья обычно составляет 480...520 мм, действительная высота спинки, находящейся в контакте со спиной пассажира – 540...600 мм (для водительского сиденья глубина составляет 450...500 мм, а действительная высота спинки – 500...560 мм).

Все размеры, относящиеся к приведенной компоновочной схеме, следует считать минимально допустимыми.

Статистический анализ компоновочных размеров автомобилей различных классов показывает, что продольные размеры, определяющие посадку водителя, мало зависят от класса машины, а размеры, относящиеся к пассажирскому сиденью, значительно растут с повышением класса.

Проведенные в соответствии с рис. 7.1 построения позволяют в основном определить боковую проекцию пассажирского салона. Ширина салона, а вместе с тем и всего автомобиля, существенно зависит от ширины сидений. Ниже, в табл. 7.1, приведены сведения о рекомендуемой ширине сидений для автомобилей различных классов (в соответствии с американским стандартом).

Определенные сложности вызывает зона в задней части подушки пассажирского сиденья, в «углу» между подушкой и спинкой, потому что здесь располагаются передние обводы задних колесных ниш. Можно уменьшить базу автомобиля или, напротив, увеличить длину салона при неизменной базе, если сиденье «задвинуть» в пространство между колесными нишами, но тогда уменьшится его ширина. Уменьшение базы чаще всего позволяет уменьшить и габаритную длину автомобиля, и его массу, поэтому желательно. Обычно вопрос взаимного положения колесных ниш и сиденья решается компромиссом, и окончательный ответ можно найти с помощью посадочного макета.

Таблица 7.1

Рекомендуемая ширина сидений легковых автомобилей, мм
(рекомендации стандарта США)

Сиденья	Автомобили			
	Малого класса	Нижнего среднего класса	Верхнего среднего класса	Высшего класса
Передние:				
- ширина сиденья на уровне плеч	1260-1350	1360-1380	1370-1415	1420-1490
- ширина сиденья на уровне бедер	1200-1300	1360-1380	1370-1415	1400-1540
Задние:				
- ширина сиденья на уровне плеч	1265-1300	1360-1380	1355-1410	1400-1490
- ширина сиденья на уровне бедер	1200-1300	1320-1370	1310-1400	1360-1520

Все сказанное выше по поводу заднего пассажирского сиденья относится к случаю, когда на нем располагаются два человека, а с некоторым снижением комфорта – три. Для автомобилей типа «Гран-туризм» сзади делают два индивидуальных сиденья. В некоторых случаях, на очень маленьких или спортивных автомобилях, заднее сиденье устанавливают очень близко к переднему, тогда пассажировместимость автомобиля определяется как 2+2, т.е. впереди нормально располагаются два взрослых человека, а сзади – два ребенка (или два взрослых для короткой поездки).

Компоновка салона автобуса. Автобусы, в соответствии с действующими стандартами, могут быть большой и малой вместимости.

Автобусы большой вместимости, т.е. транспортные средства для перевозки людей, вместимостью более 22 стоящих или сидящих пассажиров, имеют габаритную ширину более 2,3 м, делятся на три класса:

I – городские автобусы;

II – междугородные автобусы;

III – туристские автобусы.

Промежуточное положение между городскими и междугородными занимают пригородные автобусы, они не выделены в самостоятельный класс и имеют черты того и другого. Транспортные средства общего пользования малой вместимости (менее 22 пассажиров, исключая водителя), часто называют автобусами малой вместимости.

Рассмотрим вначале автобусы большой вместимости (ГОСТ Р 41.36-99 (Правило ЕЭК ООН № 36)).

При компоновке салона автобуса необходимо учитывать его тип (назначение), пассажировместимость и размеры сидений, а также движение

пассажиров в нем при посадке-высадке. Некоторые из возможных планировочных схем показаны на рис. 7.2.

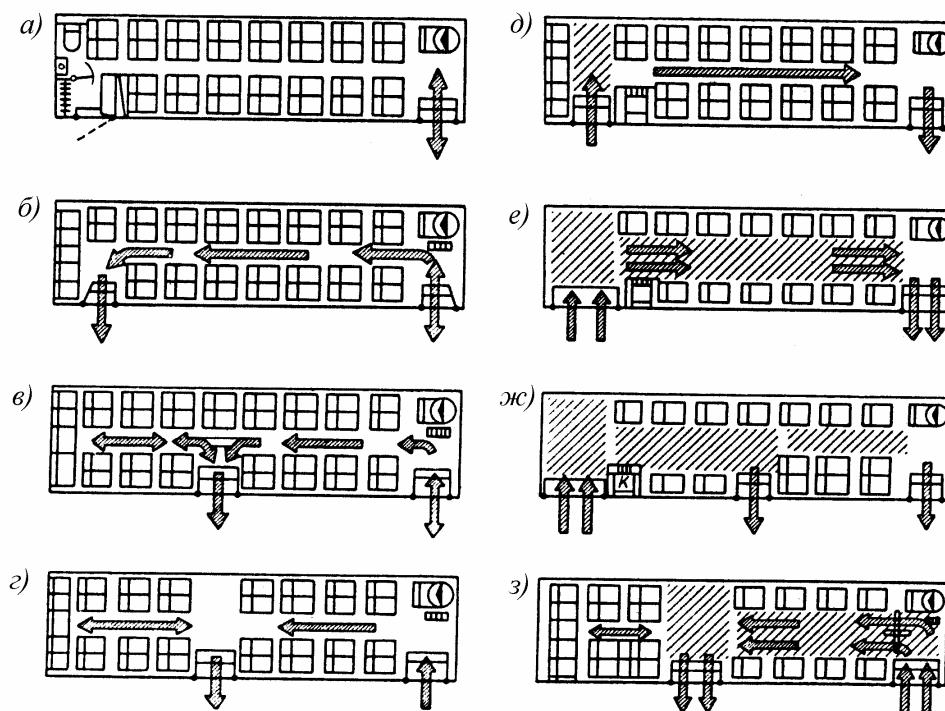


Рис. 7.2. Планировка салонов автобусов:

а – туристского; б, в – междугородных; г, д – пригородных;
е, ж, з – городских

В городских автобусах предусматриваются места для стоящих пассажиров и принимаются меры для их беспрепятственного перемещения. Междугородные автобусы используются в основном для перевозки сидящих пассажиров, но допускается и перевозка стоящих пассажиров в проходе и/или в специальном месте. Туристские автобусы используются исключительно для перевозки сидящих пассажиров, они снабжаются комфортабельными сиденьями, туалетом, баром или буфетом.

Считается, что пассажир городского автобуса имеет массу 68 кг, а туристского и междугородного 71 кг (включая 3 кг ручной клади), стоящий пассажир городского автобуса занимает площадь $0,125 \text{ м}^2$, а междугородного – $0,15 \text{ м}^2$.

Автобусы должны иметь определенное количество дверей. Различают служебные двери (они используются пассажирами при нормальной эксплуатации) и запасные двери (они устраиваются дополнительно к служебным дверям и используются в исключительных обстоятельствах, при опасности). Кроме того, предусматриваются аварийные выходы (окна, люки).

Минимальное число служебных дверей зависит от числа пассажирских мест и класса автобуса, оно регламентировано стандартом. Общее число дверей – не менее двух. Общее количество выходов, включая аварийные, также определяется стандартом.

Ширина одинарной служебной двери – не менее 65 см, сдвоенной – не менее 120 см, остальные размеры выходов указаны в стандарте.

Через свободное пространство внутри транспортного средства у боковой стенки, в которой расположена служебная дверь, должен свободно проходить в вертикальном положении специальный щит, размеры которого определяются стандартом.

Проходы в автобусах должны быть выполнены таким образом, чтобы обеспечивалось свободное прохождение контрольного устройства (рис. 7.3), состоящего из двух соосных цилиндров и конуса между ними. Размеры устройства указаны в табл. 7.2.

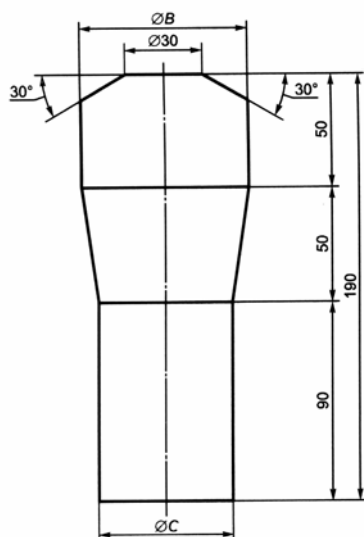


Рис. 7.3. Контрольное устройство для проверки проходов в салоне автобуса

Таблица 7.2

Размеры контрольного устройства для проверки проходов в салоне автобуса, мм

Параметр цилиндра (по рис. 7.3)	Класс автобуса		
	<i>I</i>	<i>II</i>	<i>III</i>
Диаметр С	450	350	300
Диаметр В	550	550	450

Геометрические параметры, определяющий доступ к другим выходам автобуса, указаны в стандарте.

Определенное пространство пассажирского салона занято ступеньками у служебных и аварийных дверей. Размеры ступенек по высоте, глубине и ширине задаются стандартом.

Пассажирские сиденья в автобусе могут быть индивидуальными или непосредственно примыкать друг к другу по ширине. Эскизы пассажирских сидений показаны на рис. 7.4. Минимальный размер *G* при сплошном сиденье равен 225 мм для всех классов автобусов, для индивидуального сиденья – 250 мм, также для всех классов автобусов. Размер *F*, характеризующий ширину подушки сиденья, для *I* и *II* классов автобусов равен 200 мм, для класса *III* – 225 мм.

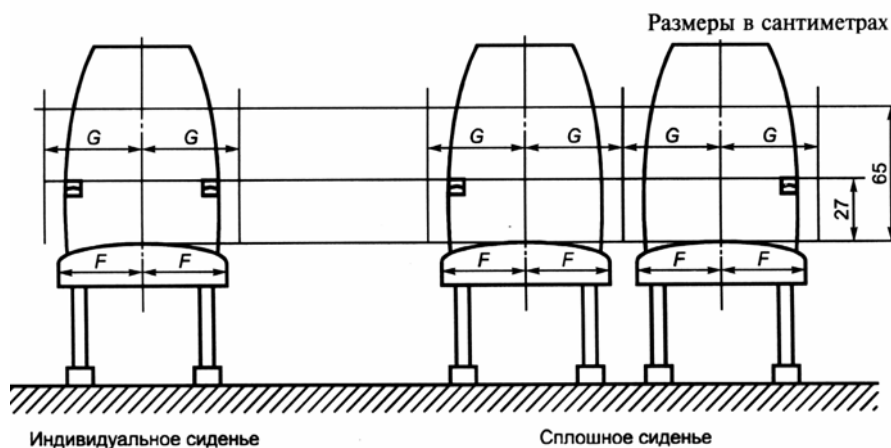


Рис. 7.4. Размеры, определяющие ширину пассажирских сидений автобусов

Важное значение имеют продольные размеры, определяющие размеры собственно сидений и шаг их расположения вдоль салона. В значительной степени эти параметры задают размеры салона или, при неизменной его длине, обуславливают пассажировместимость автобуса. Расстояние между сиденьями и высота подушки сиденья показаны на рис. 7.5.

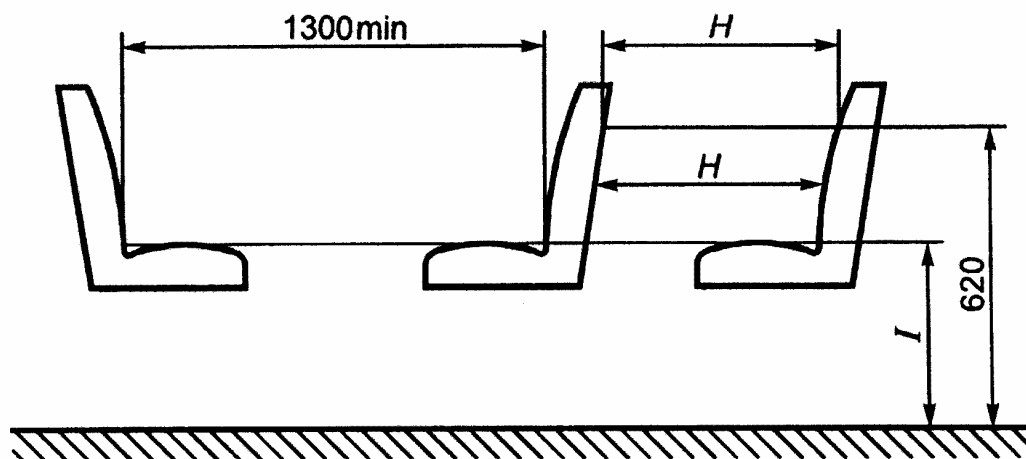


Рис. 7.5. Расстояние между сиденьями и высота подушки сиденья

Обычно стараются расположить сиденья таким образом, чтобы пассажир размещался лицом по направлению движения. Однако для городских автобусов, в районе расположения колесных кожухов и в самой передней части салона, удастся разместить дополнительные сиденья ценой расположения некоторых из них лицом назад. Это объясняется тем, что пол городского автобуса стремятся сделать возможно ниже, и тогда колесные кожухи задних колес выступают над полом и мешают поместить сиденья. Минимально допустимые размеры, определяющие положение сидений по длине, приведены в табл. 7.3.

Таблица 7.3

Продольные размеры, определяющие положение пассажирских сидений автобуса, мм

Класс автобуса	H , не менее	I , не менее
<i>I</i>	650	400 – 500 (350 над колесными кожухами и моторным отделением)
<i>II</i>	680	
<i>III</i>	750	

Глубина подушки сиденья должна быть не менее 350 мм для автобусов класса *I* и 400 мм для автобусов классов *II* и *III*.

Поперечное сечение автобусного кузова часто бывает не прямоугольным, а несколько зауженным в верхней части. В связи с этим боковые стенки получают не вертикальными и сужают вверх внутреннее пространство салона. В нижней части, у самого пола, проходят различные

трубопроводы, и их кожухи также выступают внутрь салона. Допустимые размеры этих выступов также оговариваются стандартом.

Расположение поручней для стоящих пассажиров, оговоренное стандартом, проверяется специальным испытательным устройством. Кроме поручней и опор для рук стоящих пассажиров, предусматриваются также поручни у служебных дверей.

Автобусы малой вместимости, рассчитанные для перевозки не более 22 сидящих или стоящих пассажиров, подразделяются на два класса:

- класс А (для перевозки стоящих и сидящих пассажиров);
- класс В (транспортные средства, не предназначенные для перевозки стоящих пассажиров, все пассажиры располагаются на сиденьях).

Требования стандартов к интерьеру и компоновке салона этих транспортных средств в основном такие же, как к автобусам большой вместимости, но имеются некоторые отличия (ГОСТ Р 41.52-2001 (Правило ЕЭК ООН № 52)), касающиеся количества и расположения дверей, а также размеров проходов. Размеры сидений по ширине и взаимному расположению должны быть такими же, как для автобусов большой вместимости класса I (городских).

Компоновка кабины трактора. Управление машинотракторным агрегатом осуществляется одним водителем, и на тракторах в большинстве случаев достаточно устанавливать одноместные кабины. В связи с этим компоновка внутреннего пространства кабины, ее интерьер, по существу определяется компоновкой рабочего места оператора, этот вопрос рассмотрен в главе 2 учебника.

Целесообразность такого подхода к компоновке кабины трактора подтверждается и зарубежным опытом – во многих странах распространены одноместные кабины с дополнительным посадочным местом для рабочего или пассажира. На некоторых тракторах в качестве дополнительного места используют инструментальный ящик, крышку которого покрывают мягкой обивкой. Отдельные фирмы-производители тракторов устанавливают по заказу съемное сиденье для пассажира.

9.2. Сиденья

Автомобильное и тракторное сиденье отличается от сидений, расположенных в домах и общественных местах (кресел, диванов, стульев и т.п.), прежде всего тем, что оно находится в движущемся объекте, который подвергается динамическим воздействиям, это определяет требования, которым оно (прежде всего сиденье водителя), должно удовлетворять.

Автомобильное и тракторное сиденье должно обеспечивать:

- удобную позу водителя и пассажира;
- благоприятное распределение давлений на участки тела;
- защиту человека от вибраций и других динамических воздействий;
- передачу телу человека (водителя) необходимых динамических воздействий, чтобы он мог «чувствовать» автомобиль или трактор;

- фиксацию тела в определенном положении, несмотря на динамические воздействия, прежде всего горизонтальные;
- возможность изменения позы.

Материал обивки сиденья должен быть паропроницаемым, но в то же время обеспечивать необходимую термоизоляцию, обивка сиденья должна противостоять загрязнениям, легко очищаться, быть износостойкой и не изнашивать одежду.

Как видно, требования во многом противоречивы и взаимно исключают друг друга, рациональное решение, как обычно, достигается разумным компромиссом.

Сиденье должно соответствовать стандартным требованиям пассивной безопасности, и, прежде всего, должна быть обеспечена необходимая прочность сиденья (ГОСТ Р 41.80-99 (Правило ЕЭК ООН № 80)). Автомобильное сиденье (подушка, спинка и их крепление) должно выдерживать горизонтальную нагрузку, направленную вперед и назад, приложенную в центре масс сиденья и равную двадцатикратному весу сиденья, и направленный назад момент относительно точки H (см. рис. 2.1 и рис. 2.8) около 530 Н·м.

Удобная поза водителя и пассажира обеспечивается габаритными параметрами сиденья, о чем говорилось в главе 2, и формой и упругостью подушки сиденья и спинки. Основная нагрузка от веса сидящего человека приходится на седалищные бугры, сравнительно небольшие зоны на яго-

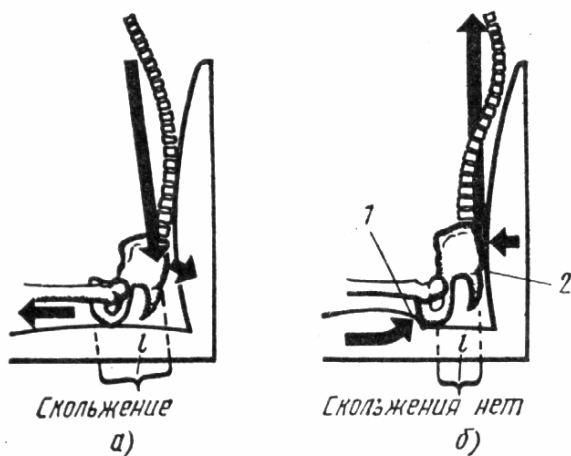


Рис. 7.6. Влияние профиля сиденья на положение позвоночника:

a – при плоском сиденье; b – при сиденье с опорным валиком; 1 – опорный валик; 2 – опора в зоне поясницы

дицах, которые «приспособлены» для восприятия значительных давлений. В зависимости от наклона подушки сиденья и ее формы, таз человека может занимать различное положение, как это показано на рис. 7.6.

На рис. 7.6, a изображено положение таза водителя или пассажира при плоском сиденье. Вес верхней части корпуса создает на плече l вращающий момент, действующий на таз. При этом седалищные бугры сползают вперед, а позвоночник неестественно изгибается. На рис. 7.6, b изображено сиденье, имеющее опорный «валик» 1, который препятствует скольжению туловища вперед. Опора 2 в зоне поясницы поддерживает таз, он занимает анатомически правильное положение, и мышцы туловища расслабляются. Положительный эффект достигается также наклоном по-

душки сиденья спереди назад. При этом необходимый угол наклона зависит от высоты сиденья и положения бедер.

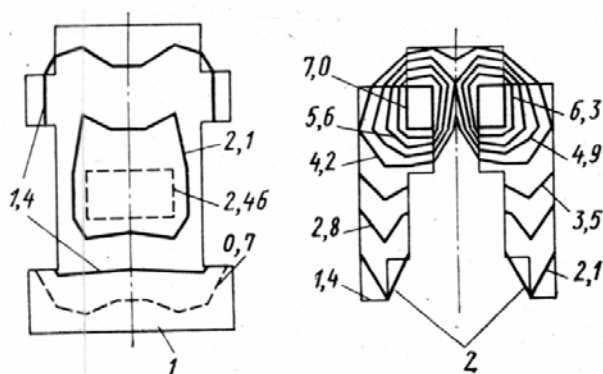


Рис. 7.7. Эпюры удовлетворительного распределения давлений (в кПа) на спинку и подушку сиденья:
1 – спинка; 2 – подушка

Способность человека чувствовать давление на различные участки кожи называется тактильной чувствительностью. Когда человек занимает на сиденье правильное положение, основная вертикальная нагрузка приходится на седалищные бугры или располагается несколько впереди них. Здесь между костями таза и сиденьем находятся только кожа и жировые прослойки (мышечных волокон нет). Величина давления в этой зоне может быть около 7

кПа. В других местах подушки сиденья, с которыми соприкасается тело человека, давление должно быть существенно ниже. На рис. 7.7 показаны эпюры удовлетворительного распределения давления на подушке 2 и спинке 1.

Позвоночник человека имеет выгибы вперед (лордоз, например, поясничный) и назад (кифоз, например, в области лопаток). В области под лопатками надо обеспечить поддержку спины, давление в этой зоне будет выше. В области крестца давление также может быть высоким, особенно если водитель с большой силой нажимает на педали. Такое распределение давлений благоприятно.

Для удерживания тела от смещения в боковом направлении можно сделать форму сиденья вогнутой, чашеобразной, но такое сиденье, удобное, например, для гонщиков на соревнованиях типа ралли, для обычной езды будет сковывать движения и затруднять изменение позы, что, в конечном итоге, приведет к усталости. Поэтому для обычных автомобилей ограничиваются тем, что в боковых частях подушки делают валики, которые не увеличивают существенно давления на внешние стороны бедер, но достаточно препятствуют боковому смещению тела при крутых поворотах. Вогнутая форма придается также и спинке.

Способность сиденья изолировать человека от динамических, прежде всего вибрационных, воздействий определяется упругостью сиденья и способностью демпфировать колебания. Человек, сидящий на упругом сиденье, представляет собой колебательную систему. Эта система имеет определенную частоту собственных колебаний, и если эта частота совпадает или близка к собственной частоте колебаний подвески автомобиля или трактора, то возникает резонанс (амплитуда колебаний человека на сиденье резко возрастает). Амплитуда колебаний уменьшается с уве-

личением демпфирования колебательной системы. Если характеристика упругости подушки сиденья нелинейна, т.е. ее жесткость возрастает с увеличением сжимающей силы, то резонансные явления проявляются слабее. Свойства колебательной системы «человек – сиденье» удобно оценивать величиной статического прогиба, т.е. деформацией сиденья под действием веса человека. Статический прогиб однозначно связан с частотой собственных колебаний. В среднем для комфортабельных мягких сидений можно принять величину деформации подушки от веса человека около 80 мм, для жестких спортивных сидений – около 45 мм.

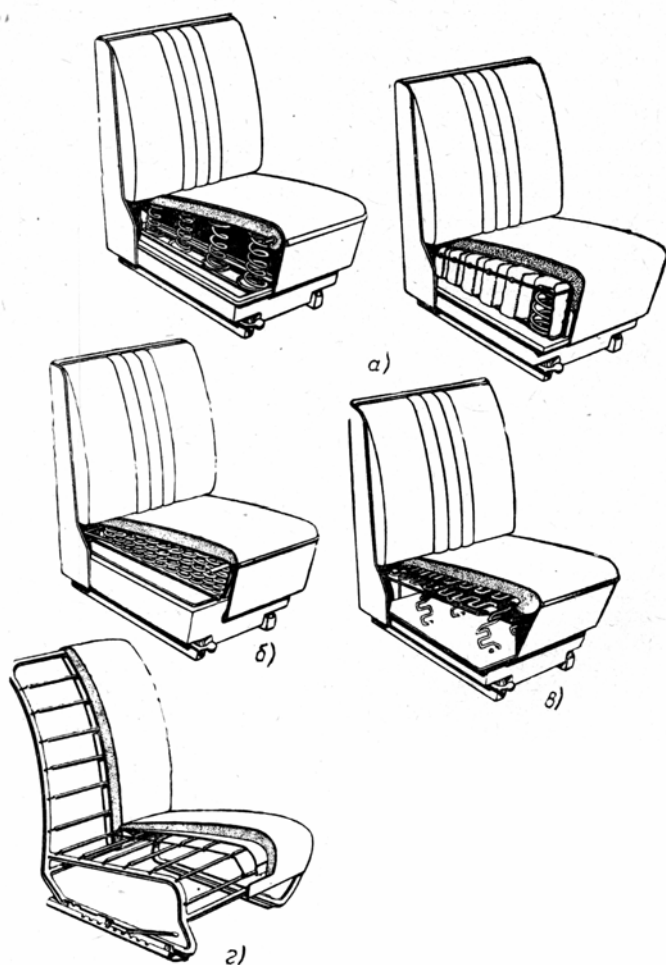


Рис. 7.8. Сиденья с металлическими упругими элементами:

а – цилиндрические пружины сжатия; *б* – пружины непрерывного плетения; *в* – змейковые пружины; *з* – горизонтальные пружин растяжения

Упругодемпфирующие характеристики автомобильных и тракторных сидений зависят от их конструкции, в частности, от того, какой вид упругого элемента использован. Сиденья с металлическими упругими элементами показаны на рис. 7.8. Как видно из рисунка, система из стальных пружин, независимо от их вида, накрывается сверху каким-либо мягким материалом, а уже затем – обивкой. Пружины разных конструкций из стальной проволоки обеспечивают при правильном конструировании хорошие упругие свойства сиденья, но демпфирование иногда оказывается недостаточным. Повысить демпфирующие свойства сиденья удастся, например, если каждую из витых пружин заключить в отдельный чехол из ткани,

но это можно сделать только вручную, и сиденье получается дорогим. Пример такой конструкции показан на рис. 7.8, *а* справа. Пружины непрерывного плетения (рис. 7.8, *б*), для которых используется тонкая стальная проволока, тесно соприкасаются между собой, их витки входят друг в друга, и возникающее трение интенсивно гасит колебания. Применяются та-

кие сиденья на многих легковых автомобилях. Змейковые (зигзагообразные) пружины (рис. 7.8,в), используемые иногда в сочетании с витыми пружинами, позволяют получить хорошие характеристики упругости сиденья с правильным ее распределением по поверхности, но при этом с демпфированием могут возникнуть определенные проблемы. Стальные пружины растяжения используются на недорогих автомобилях и при их применении правильное распределение жесткости по поверхности сиденья затруднительно.

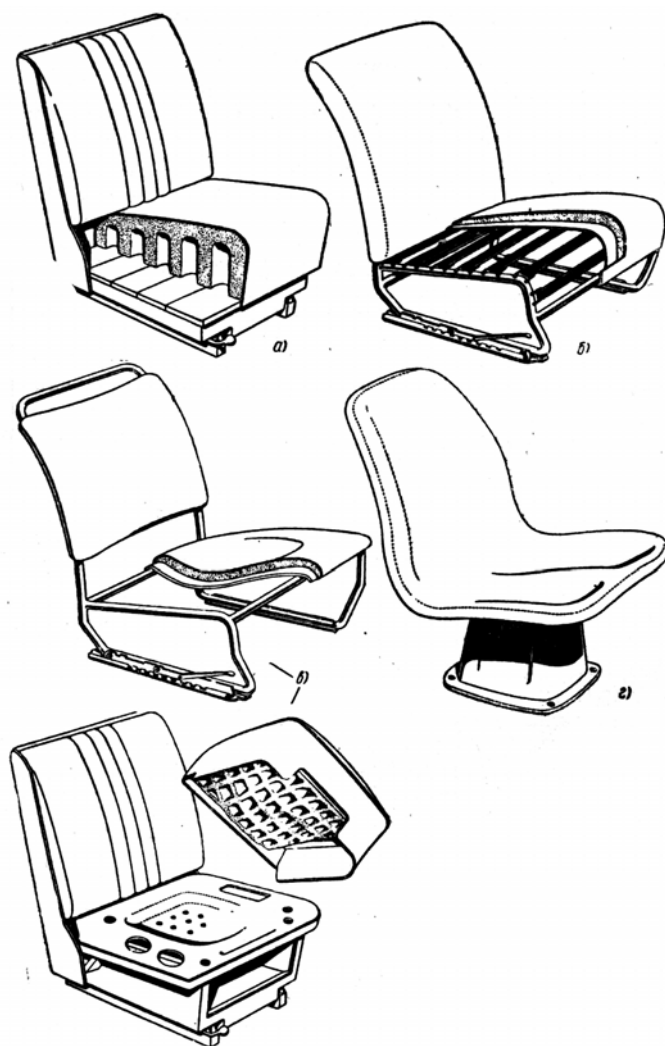


Рис. 7.9. Сиденья с неметаллическими упругими элементами:

а — с подушкой из вспененной резины или полиуретана; *б* — с резиновыми лентами; *в* — с подушкой на жестком основании; *г* — жесткое сиденье

В качестве упругих элементов сидений часто используются различные вспененные синтетические материалы. Примеры конструкций таких сидений приведены на рис. 7.9. Для получения нужных характеристик упругости сиденья в массиве подушки устраиваются воздушные полости (рис. 7.9,а). Сиденье с резиновыми (чаще с резинотканевыми) лентами в качестве основного упругого элемента (рис. 7.9,б) имеет примерно те же свойства, что и сиденье со стальными пружинами растяжения, но работа расположенной над ними мягкой прослойки облегчается, потому что ленты шире пружин. Жесткое формованное основание под подушкой из вспененного материала (рис. 7.9,в), которое часто выполняется штамповкой из стального листа, обеспечивает нужную форму подушки без затруднений, но защита от вибраций ограничена. Та-

кие сиденья часто используются в городских автобусах, а иногда, наряду с ними, применяются жесткие сиденья, часто отформованные заодно со спинкой (рис. 7.9,г).

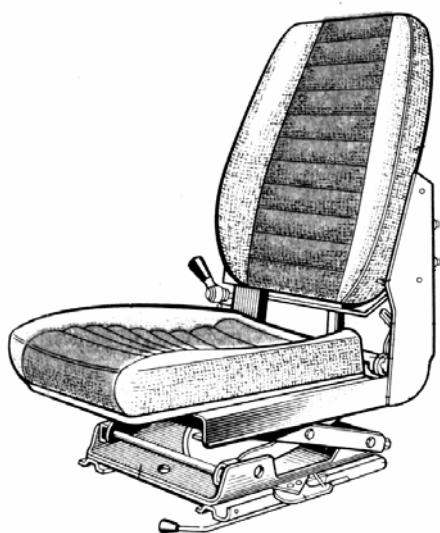


Рис. 7.10. Поддрессоренное сиденье

Наилучшую защиту от низкочастотных колебаний обеспечивает поддрессоренное сиденье (рис. 7.10). Подушка и спинка такого сиденья обычно выполняются из вспененного материала на штампованных из стального листа основаниях. Основное устройство сиденья – система поддрессирования. Она включает направляющее устройство, упругий элемент и демпфирующее устройство. Упругий элемент может быть разных типов и конструкций: стальная пружина или торсион, пневматический баллон. Упругий элемент имеет устройство для регулирования в зависимости от массы человека, пользующегося сиденьем. Такие сиденья, как правило,

применяются для водителей тяжелых грузовых автомобилей и тракторов. Демпфирующее устройство, чаще всего гидравлический амортизатор, обеспечивает нужную степень затухания колебаний, иногда имеет регулировки. Для подгонки положения сиденья под размеры конкретного человека оно снабжается системой регулировок.

Из-за трения тела о сиденье при движении транспортного средства, от тепла и испарений, выделяемых телом, между телом человека и сиденьем возникает неблагоприятная среда. Одежда становится влажной, создается ощущение дискомфорта. Важнейшим свойством обивки и непосредственно прилегающего к ней изнутри материала сиденья является паропроницаемость. Наилучшей паропроницаемостью обладают ткани из натуральных волокон. Однако для сидений большинства транспортных средств они применяются ограниченно, потому что часто не обладают необходимой износостойкостью, сравнительно легко загрязняются и с трудом чистятся. Для сидений дорогих автомобилей применяются ткани из натуральных волокон в комбинации с синтетическими, чаще всего имеющие короткий мягкий ворс. Полностью синтетические ткани успешно используются на автомобилях малых и средних классов. Натуральная кожа обладает большинством желательных положительных свойств, однако дорога, поэтому применяется на дорогих автомобилях. Очень часто используются различные материалы под общим названием «искусственная кожа». Обычно это ткань с покрытием из синтетического материала. Для обеспечения необходимой паропроницаемости искусственная кожа делается перфорированной.

На дорогих автомобилях иногда применяются специальные вентиляционные устройства, расположенные внутри сидений, которые позволяют создать наиболее комфортные условия для человека.

Необходимо, чтобы обивка сиденья имела определенные фрикционные свойства, шероховатость. Это препятствует нежелательному перемещению человека при горизонтальных ускорениях. В то же время поверхность материала обивки не должна быть излишне грубой, потому что это будет способствовать изнашиванию одежды.

Для повышения комфортабельности транспортного средства, особенно в холодное время года, на многих автомобилях устанавливается система подогрева сидений.

Сиденья автомобилей должны снабжаться подголовниками. Они играют важную роль в системе пассивной безопасности, и требования к ним оговариваются стандартами (ГОСТ 24309-90 (Правило ЕЭК ООН № 25)). Минимальная высота подголовника над точкой H (см. рис. 2.1 и рис. 2.8) при измерении под углом 25° должна составлять 700 мм. Ширина подголовника не должна превышать 170 мм, и он не должен смещаться назад под действием статической нагрузки 890 Н более чем на 102 мм. Кроме этого, к подголовнику предъявляются определенные требования по энергопоглощающим свойствам.

Требования к тракторным сиденьям, в общем, такие же, как с сиденьями автомобилей (скорее, впрочем, грузовых автомобилей), однако имеется некоторая специфика, которая определяется более «суровыми» условиями эксплуатации тракторов. Кроме того, если водитель автомобиля постоянно держит руки на рулевом колесе, и оно является опорой для рук, то оператор гусеничной машины при многих технологических операциях вовсе не должен постоянно держать руки на рычагах управления поворотом, и тогда для рук необходима иная опора. Поэтому тракторные сиденья снабжаются подлокотниками.

Основные параметры сиденья оператора трактора приведены на рис. 7.11 и в табл. 7.4.

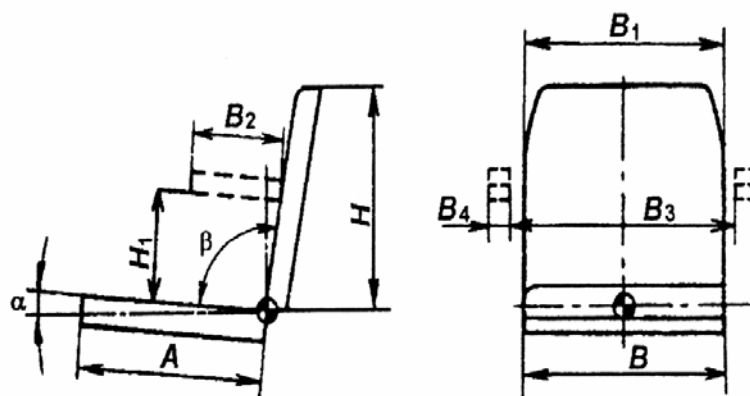


Рис. 7.11. Основные параметры сиденья оператора трактора

Для обивки тракторных сидений чаще всего применяются синтетические материалы, чаще всего темных тонов расцветки.

Таблица 7.4

Основные параметры сиденья оператора трактора

Параметры (обозначения по рис. 7.10)	Значения
Ширина подушки сиденья B , не менее, мм	450
Глубина сиденья A , мм	400
Высота опорной поверхности спинки H , мм	350...400
Высота установки подлокотника относительно подушки сиденья H_1 , мм	200
Ширина спинки B_1 , мм	350...400
Длина подлокотника B_2 , мм	200 (не менее)
Расстояние между подлокотниками B_3 , мм	500 (не менее)
Ширина подлокотника B_4 , мм	50...100
Угол наклона подушки сиденья α , градусы	5
Угол между подушками сиденья и спинки β , градусы	95...100

В кабине трактора, кроме сиденья оператора, может располагаться второе сиденье, о чем упоминалось в главе 2. Чаще всего оно обеспечивает пользователю меньший уровень комфорта, чем сиденье оператора, и зачастую его размещают, например, на ящике для инструмента.

9.3. Отделка интерьера

Хорошая отделка интерьера транспортной машины вызывает у водителя и пассажиров чувство защищенности, комфорта и уюта, что способствует повышению активной безопасности. С точки зрения пассивной безопасности, к деталям интерьера предъявляются определенные требования, направленные на уменьшение травматизма при дорожно-транспортных происшествиях, эти требования оговорены стандартами (ГОСТ Р 41.21-99 (Правило ЕЭК ООН № 21)). В нормативах указываются зоны возможного удара и требования к этим зонам по рассеиванию энергии удара. Для выступающих деталей интерьера оговариваются минимальные габаритные размеры и радиусы закругления кромок.

В этом разделе мы не будем рассматривать конструктивное исполнение отдельных частей интерьера, остановимся лишь на некоторых общих свойствах.

Для отделки интерьера чаще всего применяются синтетические материалы, прежде всего различные мягкие и жесткие пленки. В дорогих автомобилях используется натуральная кожа, ценные породы дерева, ткани из натуральных или комбинированных волокон.

Общие требования к отделочным материалам, используемым в интерьере транспортных машин:

- высокие эстетические качества, точнее, наилучшее соотношение качества и цены;
- необходимые шумоизоляционные и шумопоглощающие свойства;
- стойкость к перепадам температуры, возможным в эксплуатации;

- минимальное светоотражение поверхности (не должны возникать световые блики, прежде всего на деталях вблизи панели приборов);
- стойкость к загрязнениям и возможность легкого удаления грязи;
- износостойкость (особенно это относится к покрытию пола);
- поверхность материала не должна становиться липкой при повышенной температуре;
- низкая воспламеняемость и малая скорость горения; при горении не должен выделяться ядовитый газ.

Многие детали интерьера (панель приборов, внутренние облицовочные панели дверей, подлокотники, противосолнечные козырьки и другие) изготавливаются путем формовки из вспенивающихся материалов. При массовом производстве для этого используются металлические пресс-формы (очень дорогие), на рабочей поверхности которых нанесен рельефный «отпечаток» той фактуры, которую желательно получить на поверхности детали (например, натуральной кожи, кожицы апельсина и т.п.). В пресс-форму закладывается металлический каркас будущей детали, она закрывается, а затем в нее подается состав, который вспенивается, твердеет, и на поверхности отпечатывается рельефный рисунок пресс-формы. Свойства применяемого вспенивающегося материала таковы, что тонкий поверхностный слой, непосредственно примыкающий к пресс-форме, становится достаточно твердым и образует внешнюю оболочку детали.

При мелкосерийном производстве технологический процесс выглядит иначе. Делается деревянная или пластмассовая модель будущей детали. Она помещается в вакуум-формовочную машину, накрывается предварительно подогретой и размягченной пленкой, и из-под модели интенсивно удаляется воздух. Пленка плотно облегает модель, и после охлаждения образуется внешняя оболочка будущей детали. Формовочная пленка имеет толщину около 1 мм, а на ее наружной поверхности уже имеется фактурный рисунок, который желательно получить на готовой детали. Затем эта оболочка вкладывается в «отпечаток» модели (его можно получить с помощью эпоксидной или полиэфирной смолы), в него вкладывается металлический каркас детали, закрывается крышкой и заполняется вспенивающимся материалом. Во время затвердевания пены пленка приклеивается к ней, и образуется готовая деталь.

При выборе материалов для отделки интерьера большое внимание уделяется эстетическим факторам, в частности, цветовому решению интерьера.

Цвет – это свойство тел вызывать определенные зрительные ощущения в соответствии со спектральным составом и интенсивностью отражаемого или испускаемого видимого излучения. Все цвета делятся на ахроматические и хроматические. Ахроматические – белый, черный и все промежуточные серые цвета. Хроматические – спектральные цвета со всеми переходами и оттенками между ними.

Известно, что цвет оказывает значительное влияние на различные функции организма человека, это поясняется табл. 7.5.

Таблица 7.5

Воздействие цвета на организм человека

Цвет	Артериальное давление	Пульс и частота дыхания	Эмоции	Время реакции	Работоспособность
Красный	Повышается	Учащается	Возбуждает, стимулирует	Уменьшается	Вначале (до 20 мин) повышается, затем снижается более чем на 50%
Оранжевый	Незначительно повышается	Незначительно учащается	Возбуждает, бодрит	Незначительно уменьшается	То же, но менее выражено
Желтый	Не изменяется	Не изменяется	Уравновешивает	Не изменяется	Не изменяется
Голубой	Слегка снижается	Слегка замедляется	Успокаивает	Не изменяется	Несколько повышается
Синий	Снижается	Замедляется	Несколько затормаживает	Слегка замедляется	Повышается на 3...9%
Фиолетовый	Снижается	Замедляется	Угнетает	Замедляется	Стойко снижается

При выборе основных цветов для отделки интерьера надо позаботиться о сочетании их с цветом наружной окраски автомобиля или трактора. Обычно фирмы, выпускающие легковые автомобили, предлагают покупателю 10...15 вариантов окраски автомобиля и десятки вариантов цветового решения интерьера, это повышает продаваемость продукции фирмы. Для деталей интерьера, расположенных в передней части кузова или кабины, обычно используют темные ахроматические цвета, это способствует концентрации внимания водителя на дороге.

8. КОНСТРУКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ И ТРАКТОРА

8.1. Дорожно-транспортные происшествия

Постоянное увеличение автомобильного парка приводит к увеличению плотности и интенсивности потоков транспортных средств. Повышение динамических свойств автомобилей, увеличение в потоке количества легковых автомобилей, управляемых их владельцами, не имеющими достаточных навыков управления, способствуют значительному увеличению аварийных ситуаций, приводящих к дорожно-транспортным происшествиям (ДТП).

Ежегодно в результате ДТП в мире более 10 миллионов человек погибают и получают ранения. Аварийность на автомобильном транспорте - одна из острейших социально-экономических проблем, стоящих перед большинством высокомоторезированных стран. ДТП наносят обществу большой социально-экономический ущерб. Глобальные экономические потери составляют по данным Всемирного Банка около 500 млрд. долларов в год.

В России за последние 10 лет погибло 315,1 тыс. человек. В 2002 г. общее количество пострадавших в ДТП составило 248921 человек, из которых погибло и ранено соответственно 33243 и 215678 человек. При этом 90691 человек пострадавших в ДТП (36,4%) – это пешеходы.

Согласно Правилам учета ДТП к ним относятся события, возникшее в процессе движения на дороге транспортного средства и с его участием, при котором погибли или ранены люди, повреждены транспортные средства, груз сооружения.

В настоящее время принята следующая классификация ДТП:

- столкновение, когда движущиеся механические транспортные средства столкнулись между собой или с подвижным составом железных дорог;
- опрокидывание, когда механическое транспортное средство потеряло устойчивость и опрокинулось. К этому виду происшествий не относятся опрокидывания, вызванные столкновением механических транспортных средств или наездами на неподвижные предметы;
- наезд на пешехода, когда механическое транспортное средство наехало на человека, или он сам натолкнулся на движущееся механическое транспортное средство, получив травму;
- наезд на велосипедиста, когда механическое транспортное средство наехало на человека, передвигавшегося на велосипеде (без подвесного двигателя), или он сам натолкнулся на движущееся механическое транспортное средство, получив травму;
- наезд на стоящее транспортное средство, когда механическое транспортное средство наехало или ударилось о стоящее механическое транспортное средство;

- наезд на неподвижное препятствие, когда механическое транспортное средство наехало или ударилось о неподвижный предмет (опору моста, столб, дерево, ограждение и т. п.);

- наезд на гужевой транспорт, когда механическое транспортное средство наехало на упряжных, вьючных, верховых животных либо на повозки, транспортируемые этими животными;

- наезд на животных, когда механическое транспортное средство наехало на диких или домашних животных;

- падение пассажира, когда пассажир (любое лицо, кроме водителя, находящееся в транспортном средстве или на нем) упал с движущегося механического транспортного средства. К этому виду происшествий не относится падение, произошедшее при столкновении, опрокидывании механических транспортных средств или их наезде на неподвижные предметы;

- прочие происшествия, т. е. происшествия, не относящиеся к перечисленным выше видам. К этому виду происшествий относятся сходы трамваев с рельсов (не вызвавшие столкновения или опрокидывания), падение перевозимого груза на людей и др.

Кроме того ДТП классифицируют по тяжести последствий, характеру (механизму), месту возникновения и т. д.

Наибольшей тяжестью последствий характеризуются наезды на пешеходов и столкновения, опрокидывания транспортных средств. В этих происшествиях из 100 пострадавших в среднем 15 человек погибают. К самым опасным для участников дорожного движения относятся столкновения транспортных средств и наезды на пешехода.

Распределение основных видов ДТП представлено в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Основные виды ДТП по России в 2002 г.

Виды ДТП	ДТП	Погибло	Ранено	Тяжесть последствий ДТП *
	кол-во	чел.	чел.	
Наезд на пешехода	84773	13828	76779	15,3
Наезд на стоящее транспортное средство	4682	955	6195	13,4
Столкновение	49862	9906	76574	11,5
Опрокидывание	24313	4935	31525	13,5
Наезд на препятствие	11887	2194	15677	12,3
* Тяжесть последствий - количество погибших на 100 пострадавших				

Всесторонний анализ всех видов ДТП невозможен без выявления факторов и причин, их вызывающих. В анализе любого ДТП всегда необходимо рассматривать систему ВАДС как единое целое (см. раздел 6.2). Исходя из такого представления, ДТП необходимо рассматривать с системной точки зрения, а факторы, определяющие или сопутствующие происшествию, классифицировать в соответствии с комплексными свойствами системы ВАДС.

8.2. Активная и пассивная безопасности

Безопасность транспортного средства включает в себя комплекс конструктивных и эксплуатационных свойств, снижающих вероятность возникновения ДТП, тяжесть их последствий, отрицательное влияние на окружающую среду. Различают активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность транспортного средства.

Экологическая безопасность в данном учебнике не рассматривается, так как ее отдельные вопросы излагаются в дисциплинах «Безопасность жизнедеятельности», «Теория автомобиля», «Теория трактора», «Конструирование и расчет автомобиля» и «Конструирование и расчет трактора».

Активная безопасность - свойство транспортного средства, снижающее вероятность ДТП (предотвращающее его возникновение). Анализ свойств активной безопасности позволяет с определенной степенью условности объединить их в следующие основные группы:

- свойства, в значительной степени зависящие от действий водителя по управлению транспортным средством (тягово-скоростные, тормозные, устойчивость, управляемость, информативность);
- свойства, не зависящие или зависящие в незначительной степени от действий водителя по управлению транспортным средством (надежность элементов конструкции, весовые и габаритные параметры);
- свойства, определяющие возможность эффективной деятельности водителя по управлению транспортным средством (рабочее место водителя и его обитаемость).

Пассивная безопасность - свойство транспортного средства, снижающее тяжесть последствия ДТП. Пассивная безопасность проявляется в период, когда водитель, несмотря на принятые меры безопасности, не может изменить характер движения автомобиля и предотвратить ДТП.

Процесс удара в случае столкновения автомобилей (тракторов) или между собой, или с неподвижным препятствием разделяют на три фазы. В течение первой фазы соударяющиеся тела, сближаясь, деформируются, их кинетическая энергия частично переходит в потенциальную и частично затрачивается на разрушение, перемещение и нагрев деталей. Во второй фазе накопленная потенциальная энергия снова превращается в кинетическую, и тела начинают расходиться. В течение третьего периода тела не контактируют, их энергия расходуется на преодоление внешнего сопротивления.

Известно, что при наезде автомобиля или трактора на неподвижное препятствие длительность первой фазы составляет 0,05...0,1 с, а второй 0,02...0,04 с. Максимальное замедление центра масс автомобиля при скорости 8,3...14 м/с достигает (45...60)g.

Средние замедления для грузовых автомобилей равны (20...25)g, а для пассажирских (15...20)g. Остаточные деформации пассажирских автомобилей после удара о плоскую стенку достигают 400...500 мм, а грузовых 150...180 мм, что обусловлено большей жесткостью последних. При ударе о сосредоточенное препятствие (столб, дерево) деформация может быть значительно больше.

Основной причиной разрушения автомобилей и тракторов, травмирования людей при ДТП являются ударные нагрузки. Эти нагрузки имеют импульсный характер, и хотя действие их кратковременно, они достигают больших величин вследствие резкого изменения скорости автомобиля. При встречных столкновениях автомобилей и наезде автомобиля на неподвижное препятствие замедление особенно большое значение имеет в зоне переднего бампера и достигает величины $(300...400)g$, уменьшаясь по направлению к задней части автомобиля (рис. 8.1). Среднее значение замедления в центре масс автомобиля может достигать $(40...60)g$. Мгновенные значения замедления центра масс больше средних и составляют $(80...100)g$. Еще больше замедления тела человека в процессе вторичного удара.

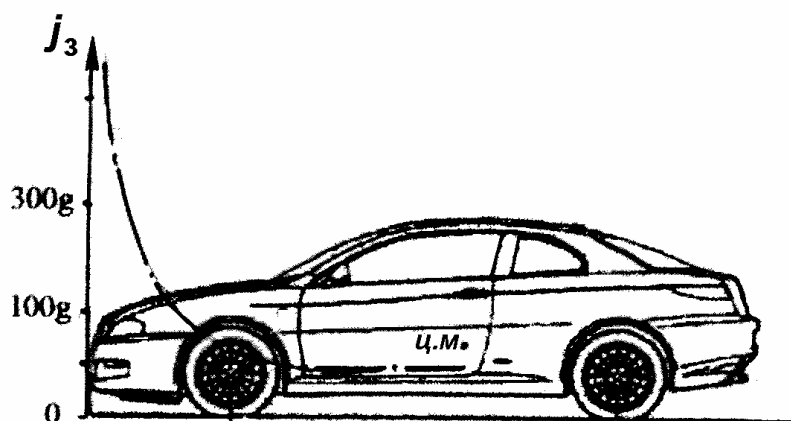


Рис. 8.1. Изменение замедления j_z по длине автомобиля при наезде его на неподвижное препятствие

В процессе наиболее тяжелых ДТП (столкновения, наезд на неподвижные препятствия, опрокидывания) вначале деформируется кузов легкового автомобиля, рама грузового автомобиля, трактора, происходит первичный удар. Кинетическая энергия при этом тратится на поломку и деформацию деталей. Человек внутри кузова (кабины) продолжает движение по инерции с прежней скоростью. Силы, удерживающие его тело (мышечные усилия конечностей, трение о поверхность сиденья), невелики по сравнению с инерционными нагрузками и не могут воспрепятствовать перемещению. Когда человек контактирует с деталями автомобиля (рулевым колесом, панелью приборов, ветровым стеклом и т. п.) происходит вторичный удар. Параметры вторичного удара зависят от скорости и замедления автомобиля, перемещения тела человека, формы и механических свойств деталей, о которые он ударяется. При высоких скоростях автомобиля возможен также третичный удар, т. е. удар внутренних органов человека. Возникающие при этом перегрузки могут привести к серьезным повреждениям внутренних органов и разрушению кровеносных сосудов и нервных волокон. Большую часть травм водители и пассажиры получают во время вторичного удара.

Характер и тяжесть травмы зависят от многих причин: вида ДТП, скорости и конструкции автомобиля, наличия защитных приспособлений, возраста и здоровья человека. В среднем человек может выдержать без вреда кратковременную (в течение 0,01...0,1 с) перегрузку (40...50)g. Перегрузки, испытываемые водителем и передним пассажиром при встречных столкновениях автомобилей, достигают (150...200)g. Усилия, действующие на отдельные части тела, могут превышать 10 кН, что объясняет высокую смертность при некоторых ДТП.

Таким образом, основные требования к пассивной безопасности автомобиля и трактора могут быть сформулированы следующим образом:

- деформации передней и задней частей кузова (кабины) и рамы при столкновении должны обеспечивать допустимый уровень замедления;
- максимальное поглощение кинетической энергии;
- жесткость салона должна быть такой, чтобы сохранить зону жизнеобеспечения, т. е. сохранить минимально необходимое пространство, в пределах которого исключено сдавливание тела человека, находящегося внутри автомобиля или трактора;
- должны быть предусмотрены меры снижающие тяжесть последствий при ДТП.

Различают *внешнюю пассивную безопасность*, которая уменьшает возможность нанесения повреждений другим участникам движения и *внутреннюю пассивную безопасность*, снижающую травматизм водителя, пассажиров и обеспечивающую сохранность перевозимых грузов.

Внешняя пассивная безопасность определяет конструктивные возможности транспортного средства по снижению тяжести последствий ДТП для других участников движения, *внутренняя* - по сохранению жизни и повышению травмобезопасности водителей и пассажиров, находящихся в транспортном средстве в момент ДТП.

Внешняя пассивная безопасность. Основным требованием внешней пассивной безопасности является обеспечение такого конструктивного выполнения наружных поверхностей и элементов автомобиля, при котором, вероятность повреждений человека этими элементами при ДТП была бы минимальной.

В случае попутного столкновения автомобилей особенно важным является предохранение как водителя и пассажиров, так и самих автомобилей от повреждений при помощи внешних элементов конструкции. Это обеспечивается применением энергопоглощающего бампера, поглощающего часть энергии удара при столкновении.

К энергопоглощающим устройствам предъявляют следующие требования: восстанавливаемость; высокий КПД; высокая плотность рассеяния энергии удара на единицу удара; большой эффективный ход; зависимость усилия и хода от скорости удара и массы.

По принципу действия энергопоглощающие устройства могут быть:

- превращающие кинетическую энергию удара в работу упругой или пластической деформации;
- превращающие кинетическую энергию удара в тепловую;
- комбинированные.

Энергопоглощающие бамперы должны полностью амортизировать удары при скоростях до 16 км/ч. По типу упругого элемента бамперы подразделяются на механические, гидравлические, пневматические и комбинированные.

В бамперах с гидравлическим и пневматическим элементами поглощение энергии происходит за счет перетекания жидкости через дросселирующие отверстия или за счет сжатия газа. Обычно применяют комбинированные гидропневматические бамперы, представляющие собой телескопические цилиндры, емкости из деформируемого упругого синтетического материала, заполненные водой или антифризом, пневматические рукава, уложенные в выемки каркаса из алюминиевого сплава, и др.

Задача жизнеобеспечения водителя и пассажиров в салоне кузова легкового автомобиля состоит в создании условий, при которых человек мог бы безопасно выдержать быстрое изменение кинетической энергии. Это достигается деформацией кузова автомобиля при столкновении, при которой создается защитная зона вокруг водителя и пассажира (рис. 8.2).

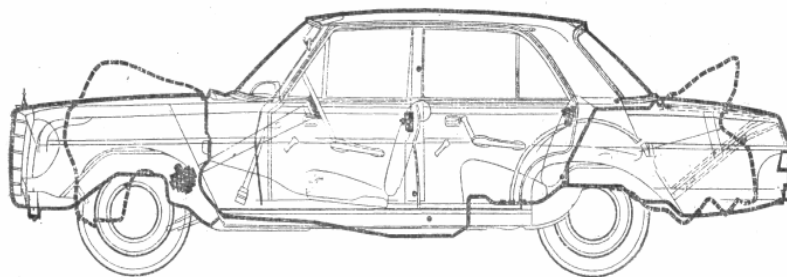


Рис. 8.2. Оптимальный характер деформации передней и задней частей автомобиля соответственно при наезде на препятствие и при ударе сзади

Большое количество наездов транспортных средств на пешеходов и большая тяжесть последствий этого вида ДТП требует повышенного внимания к их внешнему оформлению.

Наружная поверхность автомобиля не должна иметь выступающих наружу остроконечных или режущих частей или выступов, которые своей формой, размерами, направлением или жесткостью могут усиливать тяжесть ранения пешеходов, велосипедистов или мотоциклистов в случае столкновения их с неподвижным или движущимся автомобилем, при этом люки и окна должны быть закрыты.

Внутренняя пассивная безопасность. Она рассматривается как совокупность свойства автомобиля, трактора, обеспечивающих сохранность жизни и здоровья водителей и пассажиров при ДТП.

К внутренней пассивной безопасности автомобиля предъявляются два основных требования:

- создание условий, при которых человек мог бы безопасно выдерживать значительные перегрузки, возникающие под действием большого замедления;

- исключение травмоопасных элементов внутри кузова (кабины).

Автомобиль (трактор) при наезде на неподвижное препятствие, столкновении с другими транспортными средствами обладает высокой кинетической энергией удара. Вся эта энергия должна рассеяться в доли секунды. Как правило, эта энергия превращается в работу деформации элементов конструкции.

Таким образом, пассивная безопасность автомобиля (трактора) определяется его способностью поглощать энергию удара при столкновении. Водитель и пассажиры при столкновении после мгновенной остановки автомобиля (трактора) еще продолжают двигаться, сохраняя скорость движения, которую они имели в момент, предшествующий столкновению. Именно в этот отрезок времени происходит большая часть травм в результате удара головой о ветровое стекло, грудью о рулевое колесо, коленями о нижнюю кромку щитка приборов. Это явление называют вторичным ударом.

К конструктивным мероприятиям, обеспечивающим внутреннюю пассивную безопасность, относят:

- обеспечение жизненного пространства внутри кузова (кабины);
- снижение инерционных нагрузок в процессе удара;
- ограничение перемещений людей внутри автомобиля (трактора);
- ограничение перемещений грузов и других предметов, находящихся в автомобиле (тракторе).

В связи этим должны быть предусмотрены меры, снижающие тяжесть последствий при столкновении:

- рулевое колесо и колонка должны перемещаться и поглощать энергию удара, а также распределять удар по груди водителя без нанесения ему травм;
- должны быть предусмотрены индивидуальные защитные и удерживающие средства для всех пассажиров и водителя (ремни безопасности, подголовники, пневмоподушки);
- перед пассажирами и водителем не должно быть травмоопасных элементов;
- стекла (ветровые, боковые) не должны быть травмоопасными;
- должна быть исключена возможность выброса или выпадения пассажиров или водителя (надежность дверных замков).

Обеспечение жизненного пространства. Жизненным (остаточным) пространством называют защитную зону вокруг человека, сидящего в автомобиле (тракторе) внутрь которой не должны проникать детали при авариях. Создание жизненного (остаточного) пространства требуемых размеров обеспечивается ударно-прочностными свойствами кузовов легковых автомобилей и кабин грузовых автомобилей и тракторов и устранением возможности травмирования людей элементами внутреннего интерьера. На рис. 8.3 показано жизненное (остаточное) пространство, рекомендуемое для легковых автомобилей.

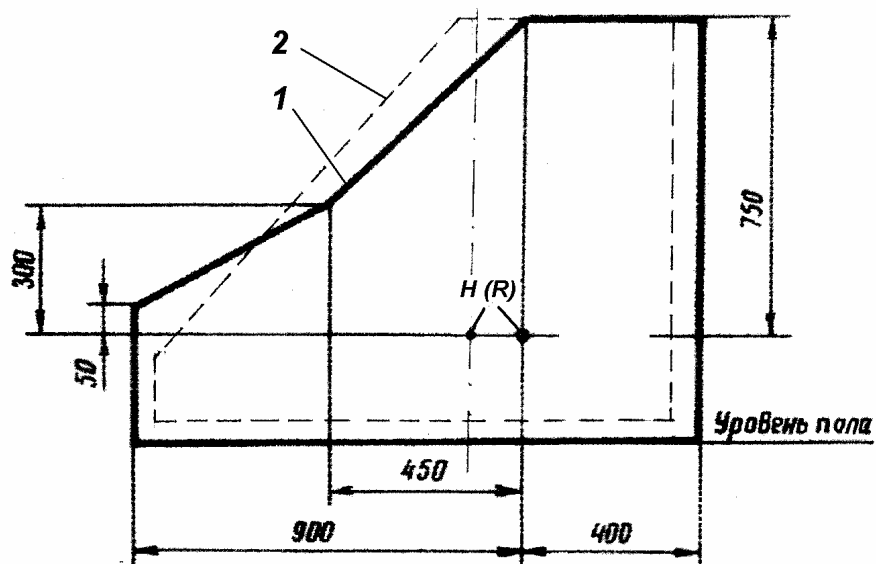


Рис. 8.3. Размеры жизненного пространства рекомендуемые для легковых автомобилей:
1 - в Италии; 2 - в США

Жизненное пространство в кабине грузового автомобиля определяется по результатам имитационных испытаний на опрокидывание и фронтальное столкновение и представлено на рис. 8.4.

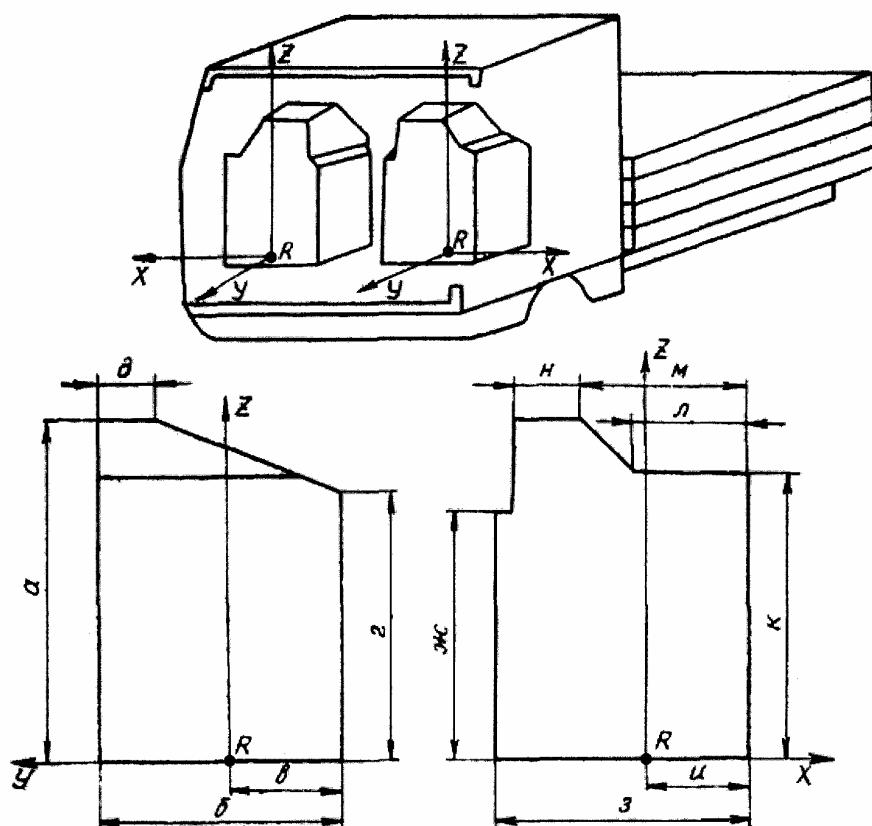


Рис. 8.4. Вид и размеры жизненного пространства грузового автомобиля:
 $a = 650$ мм; $b = 405$ мм; $c = 204$ мм; $d = 493$ мм; $e = 118$ мм; $ж = 454$ мм;
 $з = 456$ мм; $u = 193$ мм; $к = 560$ мм; $л = 171$ мм; $м = 258$ мм; $н = 153$ мм

В автобусе после бокового опрокидывания по ГОСТ Р 41.69-99 (Правила ЕЭК ООН №66) должно остаться жизненное пространство, показанное на рис. 8.5.

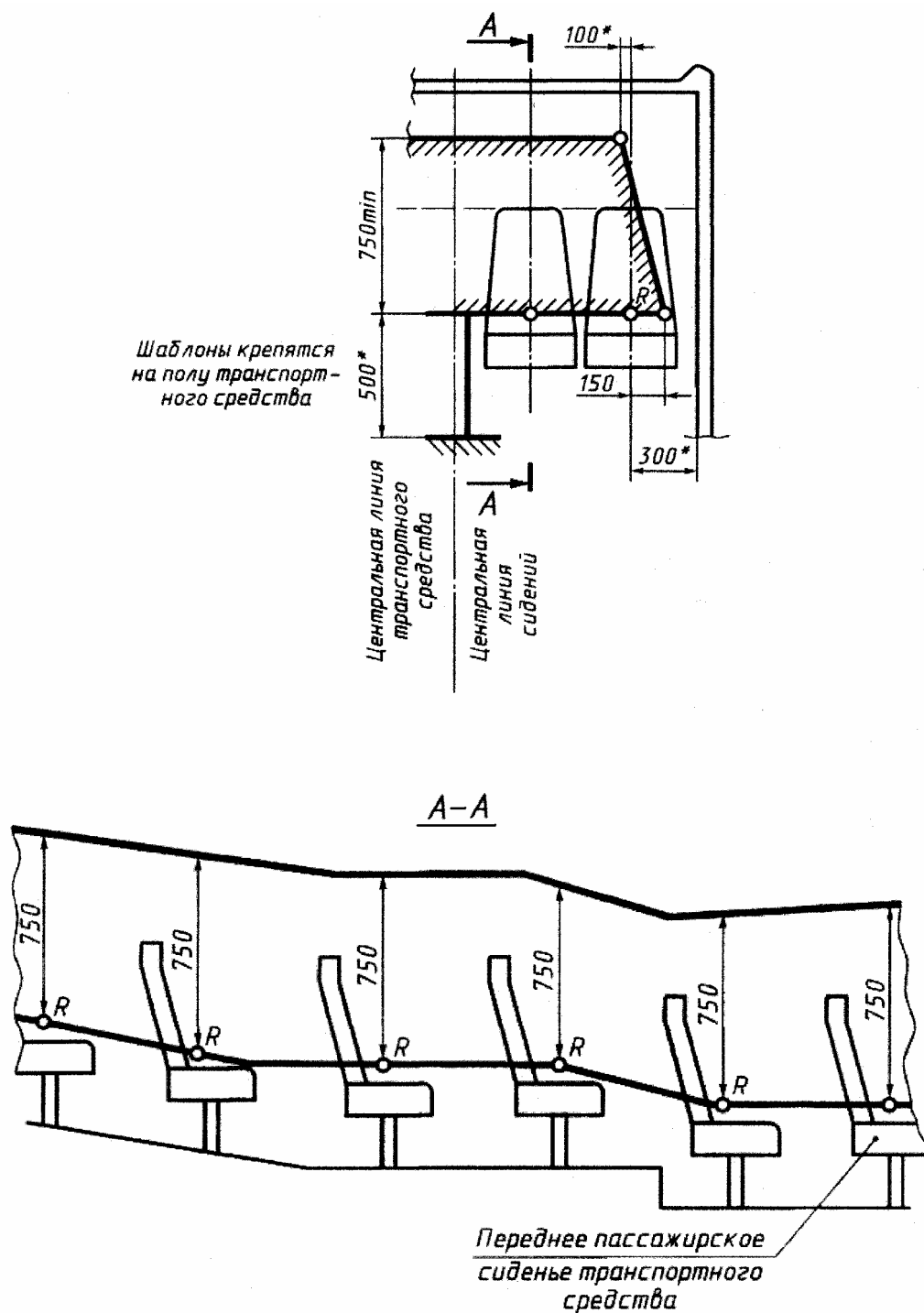


Рис. 8.5. Жизненное (остаточное) пространство автобуса

Во многих странах, включая Россию, к кабинам сельскохозяйственных и лесохозяйственных тракторов предъявляются требования по защите водителя (оператора) от тяжелого травмирования или гибели при опрокидывании трактора. С этой целью кабины оснащаются жесткими каркасами. При ударе о грунт вследствие опрокидывания или при падении на кабину

случайных тяжелых предметов жесткий каркас деформируется, поглощая часть энергии удара, а внутри остается зона, занимаемая водителем (оператором) и свободная от деформаций. В эту зону не должен проникнуть ни один элемент кабины в процессе ее деформации при ударе о грунт.

Защитные кабины должны обеспечивать при опрокидывании трактора сохранение внутри кабины зоны свободного пространства относительно сиденья, расположенного в крайних заднем и верхнем положениях при наклоненной назад спинке, как показано на рис. 8.6.

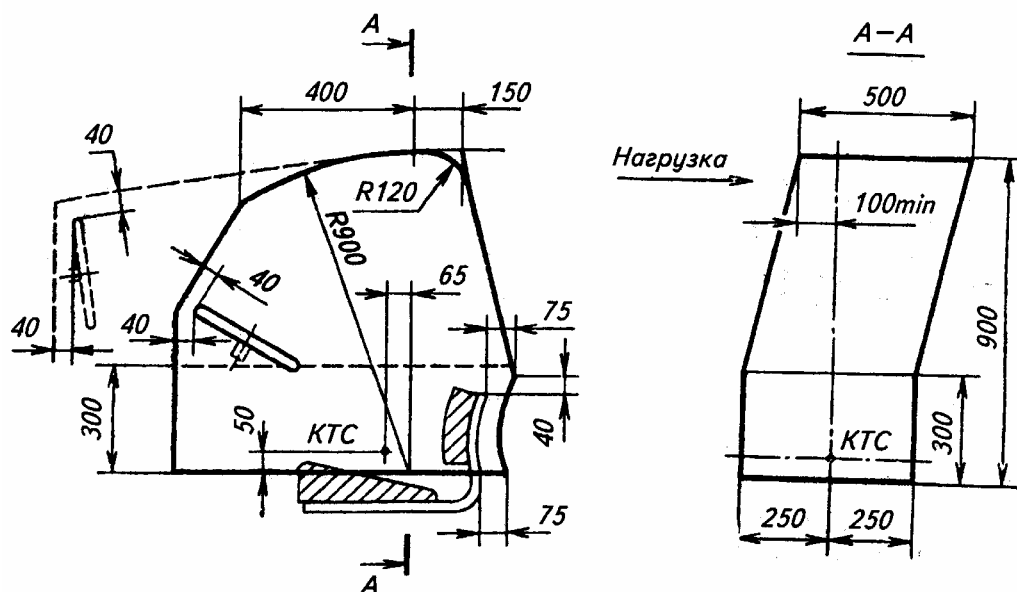


Рис. 8.6. Зона свободного пространства в кабине сельскохозяйственного трактора по ГОСТ 12.2.120-88

При двухместной кабине аналогичная зона должна быть предусмотрена и для второго рабочего места.

Для промышленных тракторов характерны боковое опрокидывание с переворачиванием через крышу и падение тяжелых предметов (камней, мерзлой земли и др.) на крышу, для лесопромышленных тракторов – на кабину, капот двигателя и на крышу деревьев, веток и сучьев. Поэтому защитные кабины и устройства для промышленных и лесопромышленных тракторов должны обеспечивать сохранение необходимого объема ограничения деформации, размеры которого показаны на рис. 8.7.

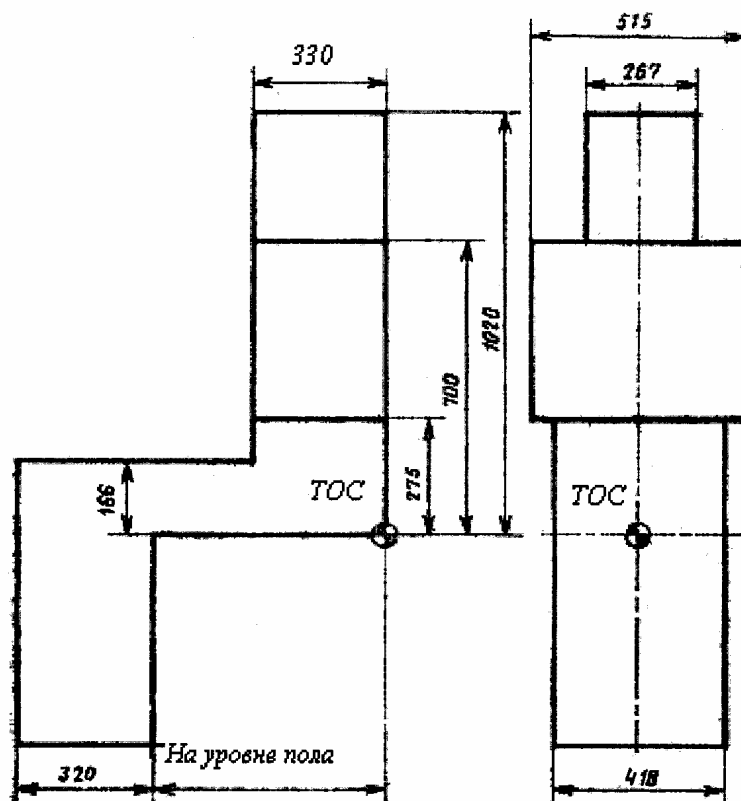


Рис. 8.7. Объем ограничения деформации кабины (зона безопасности) для промышленных и лесопромышленных тракторов

При лобовом столкновении автомобиля (трактора) с препятствием происходит перемещение водителя и пассажира к переднему щитку и ветровому стеклу, что может привести к травмированию человека при ДТП (рис. 8.8.)

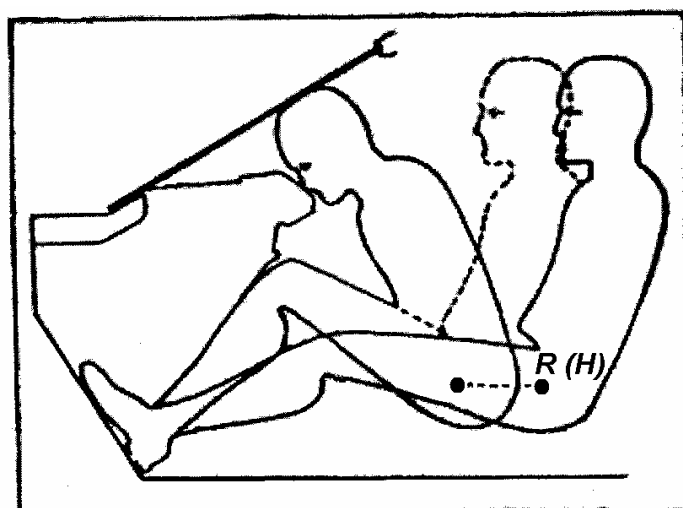


Рис. 8.8. Относительное положение головы и колен пассажира при ударе

Поэтому детали, ограничивающие жизненное пространство, не должны иметь острых граней и углов, выступающие части (кнопки, вы-

ключатели, ручки) должны быть утоплены и покрыты мягкой обивкой. Рычаги, переключатели и кнопки, расположенные на панели приборов в зоне возможного удара о них водителя и пассажиров и выступающие над поверхностью панели на 3...9,5 мм, должны иметь головки площадью не менее 200 мм² с радиусом закругления краев не менее 2,5 мм. Детали, выступающие над панелью более чем на 9,5 мм, должны под действием горизонтального усилия 378 Н, направленного вперед, утапливаться так, чтобы высота части детали, выступающей над панелью, была не более 9,5 мм, отсоединяться или обламываться.

Внутренние передние детали кузова, не являющиеся неотъемлемыми частями панели приборов, находящиеся в зоне возможного удара головы и расположенные ниже уровня крыши и выше уровня панели приборов, за исключением частей, расположенных на расстоянии менее 100 мм от стенок и окон (стекол) кузова, должны обладать способностью поглощать энергию. Металлическая арматура основания этих деталей не должна иметь выступающих и острых краев.

Обычные и вытяжные кнопки, выполненные из твердых материалов и выступающие над опорной поверхностью панели приборов от 3,2 до 9,5 мм должны иметь минимальное поперечное сечение площадью 200 мм² и закругленные края с радиусом закругления не менее 2,5 мм. Поперечное сечение должно определяться на расстоянии 2,5 мм от наиболее выступающей точки.

Вытяжные кнопки, выступающие над поверхностью панели приборов более чем на 9,5 мм должны быть сконструированы и изготовлены так, чтобы они могли утапливаться в панели приборов до размера не более 9,5 мм или отсоединяться под воздействием направленной вперед продольной горизонтальной силы величиной 378 Н. Эта сила должна прикладываться с помощью устройства (домкрата), имеющего площадку диаметром не более 50 мм. В случае отсоединения не должно оставаться опасных выступов, а сечение, проведенное на расстоянии не более 6,5 мм от наиболее выступающей точки, должно иметь поверхность площадью не менее 650 мм².

Полочка для мелких вещей и другие аналогичные элементы должны быть спроектированы и изготовлены так, чтобы их кронштейны не выступали в салон за габарит полочки. Части конструкций, обращенные внутрь салона, должны иметь поверхности шириной не менее 25 мм с закругленными краями радиусом не менее 3,2 мм, и должны быть покрыты материалом, способным поглощать энергию. В другом случае полочка и другие аналогичные элементы должны быть спроектированы так, чтобы они могли отделяться, ломаться, значительно деформироваться или утапливаться под действием направленной вперед продольной горизонтальной силы величиной 378 Н. При этом не должно оставаться опасных выступов как на кронштейнах, так и на полочке.

Нижний край панели приборов должен быть закруглен радиусом не менее 19 мм.

Определенные требования предъявляются к крышам автомобиля, в том числе и к открывающимся. Ширина выступающих конструктивных деталей крыши не должна быть менее высоты выступа, направленного внутрь салона, а радиусы закруглений краев не должны быть менее 5 мм. Если эти условия не выполняются, то эти элементы должны быть покрыты материалом, способным поглощать энергию. Для автомобилей с мягким открывающимся верхом эти требования распространяются только на внутренние части верхних элементов дуг безопасности.

Люк открывающейся крыши в нерабочем (закрытом) положении должен быть изготовлен или покрыт материалом, способным поглощать энергию, либо закрываться заподлицо с крышей, или иметь скругленную форму, а поверхность должна заканчиваться закругленными краями радиусом не менее 5 мм.

Устройства для открывания или приведения люка в действие должны при закрытом положении люка помещаться в зонах, с которыми не может соприкоснуться голова. Если это требование не выполняется, то эти устройства должны при закрытом положении люка покрываться или изготавливаться из материала, способного поглощать энергию, либо устанавливаться заподлицо, или должны быть спроектированы и изготовлены так, чтобы под воздействием силы величиной 378 Н, приложенной в направлении возможного удара, выступали не более чем на 25 мм над поверхностью, на которой они установлены, или отсоединяться (в этом случае не должно оставаться опасных выступов).

Задняя часть спинок сидений в зоне возможного удара должна обладать способностью поглощать энергию.

Части конструкций сидений, не входящие в зоны возможного удара должны иметь мягкую обивку для того, чтобы избежать непосредственного соприкосновения головы с элементами конструкции. Элементы конструкции в этих зонах должны иметь радиусы закруглений не менее 5 мм.

Жесткие края противосолнечных козырьков (шторок) и деталей их крепления, о которые может удариться голова, должны иметь радиусы закруглений не менее 3,2 мм.

Изложенные выше требования в отношении внутреннего оборудования в основном касаются легковых автомобилей. Однако их выполнение крайне желательно для грузовых автомобилей и тракторов.

Высота выступающих над поверхностью двери кабины грузового автомобиля ручек не должна быть более 35 мм для ручек стеклоподъемников и более 25 мм для остальных ручек. Если высота выступающих ручек превышает заданные пределы, то они должны отгибаться или отсоединяться под действием направленной вперед горизонтальной силы 378 Н. При этом не должно оставаться опасных выступов высотой более 35 для ручек стеклоподъемников и 25 мм для остальных ручек. Концы внутренних ручек привода замка следует закруглить, загнуть по направлению к поверхности двери и направить вперед по ходу автомобиля. Грани внутренних ручек также нужно закруглить радиусом не менее 3,2 мм. Форма внутренних ру-

чек должна способствовать уменьшению тяжести ранения водителя или пассажира при ударе о них.

Требования к ветровым и боковым стеклам. Большое количество травм и смертельных исходов во время ДТП связано с ветровым и боковыми стеклами. До 34% всех повреждений от внутренних элементов кузова (кабины) приходится на стекло ветрового окна. Травмы от стекла отличаются особой тяжестью. В настоящее время применяются однослойные закаленные и трехслойные стекла.

Закаленные стекла при разбивании не дают осколков с острыми углами и гранями, которые могут причинить человеку глубокие опасные порезы. Закаленные стекла более упруги, чем слоистые, и лучше поглощают энергию удара (менее опасны в отношении сотрясения мозга). Закалка стекла повышает его прочность, но создает внутренние остаточные напряжения, вследствие чего стекло даже при небольшом повреждении покрывается сеткой трещин, становясь непрозрачным. Чем толще стекло, тем хуже видимость, что особенно опасно при движении автомобиля с большой скоростью. Для устранения этого недостатка применяют стекла, закаленные не по всей площади, а лишь в нескольких местах. Однако при местной закалке стекла недостаточно прочными оказываются его незакаленные участки.

При ударе снаружи, например, камнем, вылетевшим из-под колеса переднего автомобиля, однослойное стекло разбивается взрывообразно и камень может попасть в салон.

Иногда наружную поверхность ветрового стекла покрывают пленкой окислов металла или хлористых веществ. По пленке, содержащей металлы, можно пропустить электрический ток для обогрева стекла в морозную погоду.

Трехслойные стекла состоят из двух слоев стекла толщиной 2...3 мм, склеенных вместе прослойкой из прозрачного пластика, например поливинилбутирола толщиной 0,4...0,85 мм. При ударах трещины на этих стеклах распространяются только в радиальных направлениях, и поврежденное стекло не теряет прозрачности. Кроме того, стекло не выпадает из стоек кузова, так как его удерживает упругая пластмассовая прослойка. Вместе с тем трехслойные стекла тверже однослойных и меньше поглощают кинетическую энергию удара. Поэтому удары головой о трехслойное стекло часто приводят к сотрясениям мозга и повреждениям костей черепа. Разбиваясь, трехслойные стекла образуют осколки с острыми режущими кромками, которые могут причинить глубокие порезы. Трехслойные ветровые стекла по массе на 2...4 кг тяжелее однослойных и соответственно дороже.

Эти недостатки можно уменьшить повышением прочности стекла, снижением его толщины, а, следовательно, повышением упругости.

Ветровые стекла наземного транспорта должны изготавливаться из трехслойного стекла на пленке толщиной 0,76 мм. Допускается изготовле-

ние ветровых стекол из закаленного стекла для тихоходного транспорта, развивающего скорость не более 30 км/ч.

Главными требованиями к стеклам транспортных средств являются высокая прочность и обеспечение определенного вида разрушений. Ветровые стекла из трехслойного стекла должны выдерживать удар шаром массой 227 ± 2 г при температуре от $+ 40$ и до $- 20$ °С при высоте падения 8,5...12 м. При этом масса осколков не должна быть более 12...25 г при толщине стекла 4,5...6,5 мм. Они должны быть стойкими к пробиванию шаром массой 2260 ± 20 г, диаметром около 82 мм, падающим с высоты 4 м. Такой шар не должен проходить сквозь стекло в течение 5 с после удара. Ветровые стекла должны также выдерживать удар манекеном, падающим с высоты 1,5 м.

Изделия из закаленного стекла должны выдерживать удар шаром массой 227 ± 2 г, падающим с высоты 2...3 м. Характер разрушения изделий из закаленного стекла должен быть таким, чтобы в любом квадрате размером 50×50 мм было не менее 40 и не более 400 элементов определенной формы и площади.

Целесообразно сочетать положительные свойства закаленных и трехслойных стекол, уменьшая толщину наружных слоев и химически обрабатывая их для повышения поверхностной прочности. Применяют стекла с более толстым наружным слоем. При ударе головой о такое стекло вначале нарушается его внешний слой, а тонкий внутренний слой продолжает изгибаться, поглощая энергию удара. Полимерная прослойка растягивается, также смягчая силу удара.

Требования безопасности к стеклам дверей значительно мягче, чем к ветровым стеклам. Эти стекла не должны давать при разрушениях осколков с острыми углами и режущими кромками. Они подвергаются при испытаниях тем же нагрузкам, что и ветровые, но требования к их прочности ниже, чем у ветровых.

Требования к дверям. Одной из причин травматизма во время аварии, в частности при опрокидывании автомобиля или трактора является выпадение людей через открывшиеся двери. Поэтому конструкция замков должна обеспечивать два положения: полностью закрытое и не полностью закрытое. Конструкция замков боковых дверей должна выдерживать продольные нагрузки не менее 11340 Н при полном закрытии двери и 4530 Н в промежуточном положении закрытия двери; поперечные нагрузки должны быть соответственно не менее 9070 и 4530 Н. Дверные замки и приводы к ним должны обеспечивать удержание дверей в полностью закрытом положении при действии на них инерционных нагрузок, возникающих при ускорениях и замедлениях величиной до $30g$, в любом направлении.

Дверные навески (петли) и ограничители любой конструкции в должны удерживать боковые двери в рабочем положении во время эксплуатации и выдерживать продольную нагрузку не менее 11340 Н и поперечную не менее 9070 Н.

Снижение инерционных нагрузок при ударе. При встречных столкновениях автомобилей и при наезде автомобиля на препятствие возникают большие замедления, равные $(300...400)g$ в зоне переднего бампера и $(80...100)g$ в центре масс автомобиля. Под действием замедлений возникают большие инерционные нагрузки на тело человека, являющиеся причиной тяжелых травм и смертельных случаев.

Для снижения инерционных нагрузок стремятся увеличить продолжительность деформирования деталей кузова. Вокруг водителя и пассажиров создают защитную зону за счет жесткого каркаса, а переднюю и заднюю части кузова делают легко сминающимися при ударе. У автомобилей рамной конструкции ослабляют лонжероны и поперечины за счет уменьшения их сечений, просверливания отверстий в слабонагруженных местах или применения хрупких материалов, например, алюминиевых брусьев и труб, легко разрушающихся при ударе.

При переднем расположении двигатель устанавливают на специальной рычажной подвеске для исключения его перемещения при ударе в салон. В результате при ударе двигатель опускается под пол кузова, как это показано на рис. 8.9.

Большую опасность для водителя представляют жесткие рулевые валы. При ударе тело водителя деформирует рулевое колесо и приходит в соприкосновение с его ступицей и рулевым валом. Для защиты водителя от травмы ступицы рулевого колеса делают большого диаметра и снабжают упругой оболочкой, либо утапливают ступицу так, чтобы спицы составляли с плоскостью обода определенный угол (например, 20°). Энергию удара поглощают мягкое покрытие обода рулевого колеса и энергопоглощающие элементы типа силфона, устанавливаемые между рулевым колесом и рулевым валом.

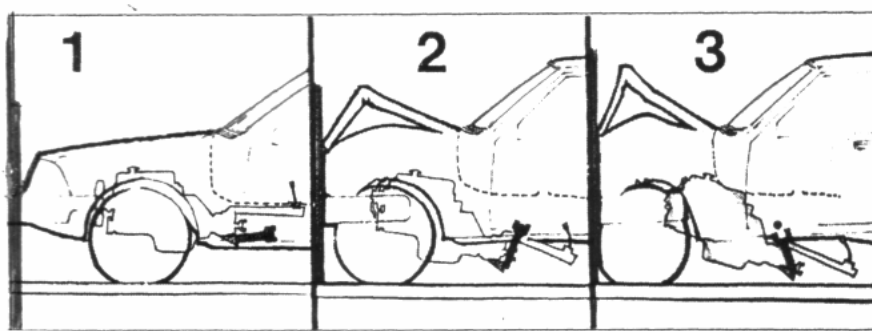


Рис. 8.9. Процесс деформации передней части легкового автомобиля и перемещение его силового агрегата после столкновения с препятствием: 1 - положение легкового автомобиля в момент его столкновения с препятствием; 2 - деформирование передней части автомобиля (поглощение кинетической энергии), перемещение силового агрегата; 3 - окончание деформирования передней части автомобиля и перемещение силового агрегата под пол кузова

Для уменьшения проникновения рулевого колеса внутрь салона применяют различные *конструкции безопасных рулевых управлений*:

- рулевой вал с карданными шарнирами;
- рулевой вал, рулевую колонку или обе эти детали со специальными встроенными элементами, разрушающимися при больших нагрузках (упругой муфтой на верхней и нижней частях рулевого вала; упругими пластинами, размещенными между трубами рулевой колонки; перфорированной трубой с ромбовидными отверстиями, расположенной в средней части вала; гофрированной сеткой, встроенной в рулевую колонку);
- стальные шарики, расположенные между наружной и внутренней трубами рулевой колонки;
- телескопический шлицевый рулевой вал и другие.

При проектировании рулевых управлений следует иметь в виду, что элементы безопасности должны ограничивать перемещение рулевого вала и рулевой колонки при столкновении автомобиля с барьером относительно точки кузова, не затронутого деформацией, в определенных пределах (не более 127 мм), а сила воздействия рулевого управления на модель туловища человека не должна превышать величины 11130 Н.

Ограничение перемещения людей в кузове (кабине). Наиболее простым и эффективным средством, ограничивающим перемещение людей внутри автомобиля при авариях, являются ремни безопасности. Правилами № 16 ЕЭК ООН и национальными стандартами многих стран предусмотрено применение ремней безопасности в автомобилях. В России требования к ремням безопасности и местам их крепления изложены в ГОСТ 18887-89 и ГОСТ Р 41.14-99 (Правила ЕЭК ООН №14).

Ремни безопасности в зависимости от конструкции подразделяются на поясные, диагонально-поясные (трёхточечные), диагональные и двойные плечевые. В общем случае комплект ремня безопасности состоит из лямок, пряжки, приспособления для регулировки, устройства для поглощения энергии, втягивающего устройства и деталей крепления. Места крепления ремней безопасности должны быть оборудованы на всех посадочных местах, предназначенных для взрослых пассажиров и водителей, в автобусах места крепления ремней безопасности должны быть расположены на сиденьях первого ряда.

Главным недостатком ремней безопасности является ограничение перемещений людей и стеснение их движений в безаварийных условиях. Чтобы избежать указанного недостатка, применяют устройства, позволяющие ограничивать перемещения людей только при аварии. К ним относятся: подушки безопасности, защитные стенки из надувных мешков, удерживающие рычаги и упругие части сидений, предохранительные сетки безопасности, безопасные сиденья, надежное крепление сидений к полу кузова, подголовники.

Для защиты головы водителя и пассажиров при наезде на автомобиль сзади в обязательном порядке используются подголовники различной конструкции.

Ограничение перемещений грузов и предметов, находящихся в автомобиле. Плохо закрепленный груз или предметы при встречных столкновениях и наездах на препятствия в процессе удара будут продолжать двигаться по инерции. При ударе о передний борт платформы груз может его деформировать и смять заднюю стенку кабины, что приводит к уменьшению жизненного пространства. В легковом автомобиле при фронтальном ударе предметы, находящиеся в багажном отделении, могут пробить перегородку и проникнуть в салон.

В нормативных документах (ГОСТ 27226-87, ОСТ 37.001.221-80 и ОСТ 37.001.263-83) регламентируется прочность конструкций кузовов, обеспечивающих защиту водителя и пассажиров от воздействий перемещающихся грузов и предметов. Требование к переднему борту платформы и его креплению с целью защиты кабины от возможного воздействия грузов при резком торможении состоит в том, что он должен выдерживать статическую равномерно распределенную нагрузку вдоль продольной оси автомобиля, равную 7840 Н на каждую тонну грузоподъемности. Такую же нагрузку должно выдерживать крепление грузовой платформы к шасси автомобиля.

Перегородка между салоном и багажником должна исключать проникновение предметов из багажного отделения в салон при фронтальном ударе.

Для улучшения безопасности при столкновениях используют также амортизирующие устройства, устанавливаемые между передним бортом грузовой платформы и грузом.

8.3. Послеаварийная безопасность

Послеаварийная безопасность – это совокупность конструктивных особенностей и дополнительных устройств, снижающих тяжесть последствий ДТП.

К числу опасных явлений, которые могут возникнуть в результате ДТП, относят пожар, заклинивание дверей и заполнение водой салона, если автомобиль (трактор) затонул.

Наиболее тяжелым последствием ДТП для пассажиров и водителя является возгорание автомобиля (трактора). Чаше возгорание происходит при тяжелых ДТП, таких как столкновение, наезды на неподвижные препятствия, а также опрокидывание. Несмотря на небольшую вероятность возникновения возгорания (0,3...1,2%), их последствия тяжелейшие. Они вызывают почти полное разрушение автомобиля (трактора) и в случае невозможности эвакуации - гибель людей. Во всех подобных ДТП топливо выливается из бака через отверстия, появившиеся в результате его повреждения, или через заливную горловину. Сопутствующими факторами при возгорании автомобиля во время ДТП является образование топливно-воздушной смеси и присутствие источника загорания.

К элементам послеаварийной безопасности относят средства противопожарной безопасности, средства эвакуации людей из салона автомобиля, кабины грузового автомобиля (трактора), средства герметизации автомобиля (трактора) и средства оказания пострадавшим медицинской помощи.

Конструкция моторного отсека не должна допускать накопления топлива или масла в любом его месте.

Заливные горловины топливных баков не следует располагать в пассажирском помещении или отделении водителя. Их рекомендуется размещать таким образом, чтобы исключалась возможность попадания топлива на двигатель или выхлопную трубу при заправке. Не допускается утечка топлива через пробку заливной горловины, которая не должна самопроизвольно открываться и выступать за поверхность кузова. Топливный бак должен быть прочным и коррозионностойким, не должен выступать за габаритную ширину кузова. Трубопроводы системы питания нельзя располагать в пассажирском помещении и отделении водителя, их необходимо защищать от повреждения. Недопустимо попадание топлива при утечке из трубопроводов на элементы выхлопной системы.

Все провода системы электрооборудования должны быть надежно защищены от обрыва, перетирания и изнашивания и обязаны выдерживать воздействия температуры и влажности, а в моторном отделении - испарения масла и топлива; сила тока в них не должна превышать допустимого значения. Необходимо иметь не менее двух независимых цепей внутреннего освещения, чтобы выход из строя одной из них не отражался на функционировании другой. Все электрические цепи питания приборов электрооборудования за исключением стартера, системы зажигания, устройств остановки двигателя и зарядной цепи аккумуляторной батареи должны снабжаться плавкими предохранителями. Аккумуляторные батареи следует располагать в доступных местах, надежно изолировать от пассажирского помещения и вентилировать окружающим воздухом.

На автобусах устанавливают аварийный выключатель, предназначенный для быстрой остановки двигателя, приведения в действие устройств для прекращения подачи топлива, отключения аккумуляторных батарей и включения аварийной сигнализации, а также огнетушители и медицинские аптечки.

Требованиями к пожарной безопасности предусмотрена установка перегородки из огнестойкого материала между моторным отделением или любым другим источником теплоты и остальной частью автобуса.

Основными направлениями совершенствования противопожарных устройств являются:

- установка автоматически включающихся пенных огнетушителей;
- применение устройств, автоматически размыкающих электрическую цепь автомобиля при возникновении механических перегрузок определенного уровня;

- использование устройств, автоматически впрыскивающих во время аварии в топливный бак вещества, превращающие топливо в трудносгораемое вещество (композиции галогенов, кремниевые соединения и специальные смолы).

В легковых автомобилях и кабинах грузовых автомобилей эвакуация людей после аварии обеспечивается через входные двери. Для этого замки дверей не должны заклиниваться, о чем существует указание в отраслевых стандартах, определяющих требования к ударно-прочностным свойствам кузовов и кабин.

В автобусах и кабинах тракторов предусматриваются аварийные выходы (двери и окна) и аварийные люки (см. разделы 7.1 и 2.3).

Аварийные двери обязаны открываться снаружи и изнутри, не должны иметь устройств, предусматривающих использование любых видов энергии, кроме мускульной, иметь только переднюю навеску и открываться наружу. Аварийные окна должны выставляться только наружу и иметь устройства для быстрого удаления из проема. Аварийные люки обязаны открываться изнутри и снаружи, разрешается применение люков скользящего или отбрасываемого типов и запрещено применение откидных люков.

Аварийные выходы должны открываться без помощи инструмента. При этом время открывания аварийного выхода не должно превышать 3 с.

Если конструкция не обеспечивает полное открывание застекленных окон, являющихся аварийными выходами, в кабине должны находиться средства, которыми при аварийной ситуации можно разбить стекло.

Двери кабины должны быть оборудованы замками, запирающимися на ключ, и стопориться автоматически в крайних положениях.

Допускается устанавливать замок на одной двери при наличии на другой двери и аварийном выходе (если он имеется) внутренних запоров.

Предотвращение попадания воды в салон, кабину автомобиля (трактора) при его затоплении пока не регламентируется. Единственный путь борьбы с этим явлением - повышение герметичности салона. Однако в этом направлении много, нерешенных вопросов, так как спасение людей из затонувшего автомобиля (трактора) зависит не только от его конструкции, но и от многих других факторов.

При конструировании автомобиля (трактора) для обеспечения требований послеаварийной безопасности необходимо:

- топливный бак располагать в отдалении от двигателя;
- устанавливать бак сзади, так как встречные столкновения имеют более тяжелые последствия;
- устанавливать систему автоматического отключения источника электроэнергии при ДТП;
- обеспечивать пожаробезопасность топливных баков, заливных горловин и топливопроводов;
- устанавливать огнетушители;

- обеспечивать устройствами автоматического впрыска в бензобак веществ, снижающих возгораемость бензина;
- снабжать дверные замки системой блокировки в момент ДТП и возможность их беспрепятственного открывания после ДТП для быстрой эвакуации людей;
- обеспечивать устройствами аварийной эвакуации людей (люки в крышах и на задней торцевой стенке, скатывающиеся крыши);
- предусматривать внутри салона инструменты для разбивания или выдавливания стекол.

8.4. Защитные системы

Действие на человека инерционных сил в переднем и заднем направлении при ударе автомобиля сзади в большинстве случаев не вызывает повреждений, так как подушки сидений и спинки являются хорошими амортизаторами. Однако резкий удар сзади вызывает резкое движение головы назад, в результате чего могут быть повреждены связочный аппарат в области шеи и шейные позвонки. При одной и той же силе удара могут возникнуть более тяжелые повреждения шейных позвонков, если край спинки будет чрезмерно высок, т. е. находиться на уровне плеч или шеи. С целью предотвращения тяжелых последствий применяют *подголовники*. В настоящее время установка подголовников на легковых автомобилях обязательна. Варианты конструктивного исполнения подголовников представлены на рис. 8.10.



а)



б)

Рис. 8.10. Варианты конструктивного исполнения подголовников:

а - подголовник с сиденьем как одно целое; б - подголовник с регулировкой положения, удобного для головы водителя (пассажира)

К сиденью с подголовником предъявляются определенные прочностные требования. Спинка сиденья с подголовником или без него, а также механизм для ее блокирования, должны выдерживать направленный назад статический момент 530 Н·м, который прикладывается при помощи элемента, моделирующего спину манекена. Устройства для крепления сиденья и механизмов для его регулирования, перемещения и блокирования обязаны сохранять работоспособное состояние при сообщении им продольного замедления 20 g действующего в течение 30 мс в направлениях вперед и назад параллельно продольной оси автомобиля.

Сиденье с подголовником подвергают статическим и динамическим испытаниям. При статических испытаниях спинку сиденья нагружают моментом 373 Н·м, направленным назад относительно центра тазобедренного сустава посадочного манекена. Момент прикладывают к спинке через элемент, моделирующий спину манекена, и к подголовнику, установленному в крайнее верхнее положение, через сферическую модель головы диаметром 165 мм. В обоих случаях максимальное перемещение контурной линии сиденья, допускаемое подголовником, не должно превышать 102 мм. Если при приложении к подголовнику силы 890 Н произойдет разрушение спинки сиденья, то подголовник считают прошедшим испытания. При динамических испытаниях подголовник нагружают ударом жесткой модели головы диаметром 165 мм и приведенной массой 6,8 кг, подвешенной на маятнике. В момент, предшествующий удару, скорость модели головы должна составлять 24,1 км/ч. Подголовник считают не прошедшим испытания, если величина непрерывно действующего замедления в течение 3 мс превышает 80 g.

Ремни безопасности. Несмотря на наличие множества систем, защищающих водителя и пассажиров в процессе ДТП, наибольшее распространение в качестве защитной системы получили ремни безопасности и надувные подушки. Другие системы, такие, как предохранительные сетки, мягкие накладки интерьера или надувные ремни, еще недостаточно разработаны.

На рис. 8.11 показаны различные конструкции ремней безопасности (диагонально-поясного с трехточечным креплением /трехточечного/, двойного плечевого и поясного). Трехточечный ремень применяется преимущественно в легковых автомобилях, поясной - в грузовых, двойной плечевой - в гоночных.

Процесс перемещения человека, закрепленного трехточечным ремнем безопасности, в результате лобового (фронтального) столкновения легкового автомобиля на примере манекена показан на рис. 8.12.

Опыт использования ремней безопасности показал, что снижение числа смертельных случаев в ДТП при их использовании составляет при фронтальном столкновении автомобилей с препятствием с начальной скорости 64 км/ч - 73%; при боковом ударе - 30%, а при опрокидывании - 50%.

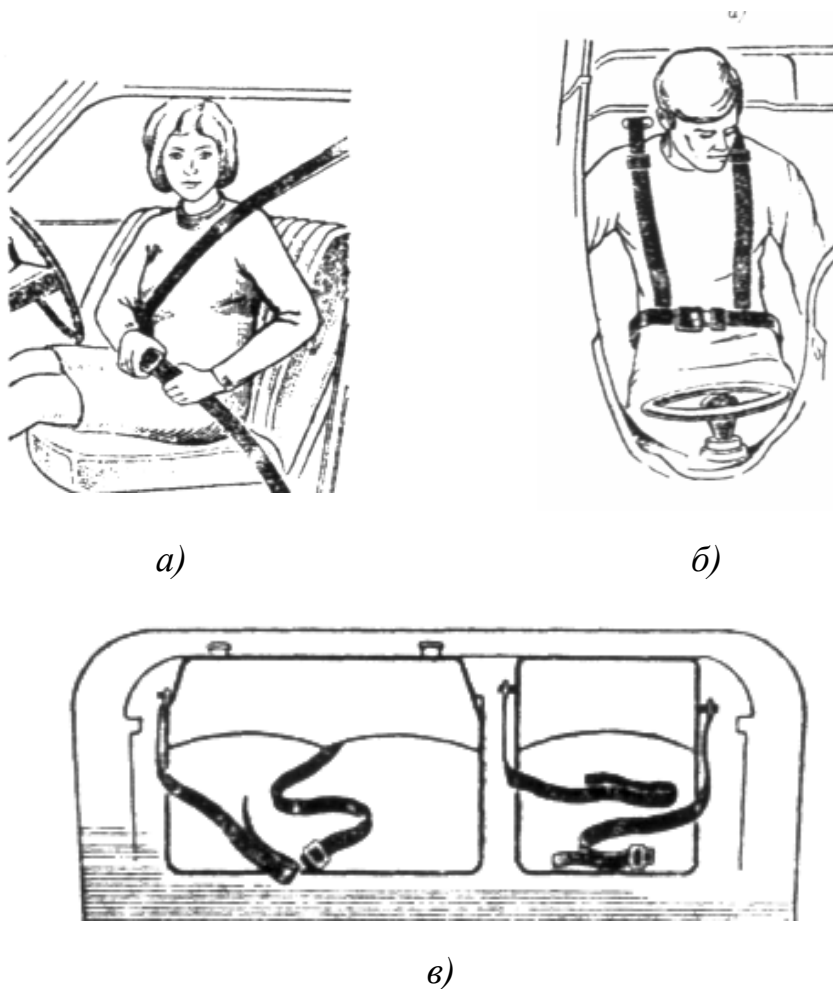


Рис. 8.11. Ремни безопасности:
а - диагонально-поясной с трехточечным креплением (трехточечный);
б - двойной плечевой; *в* - поясной

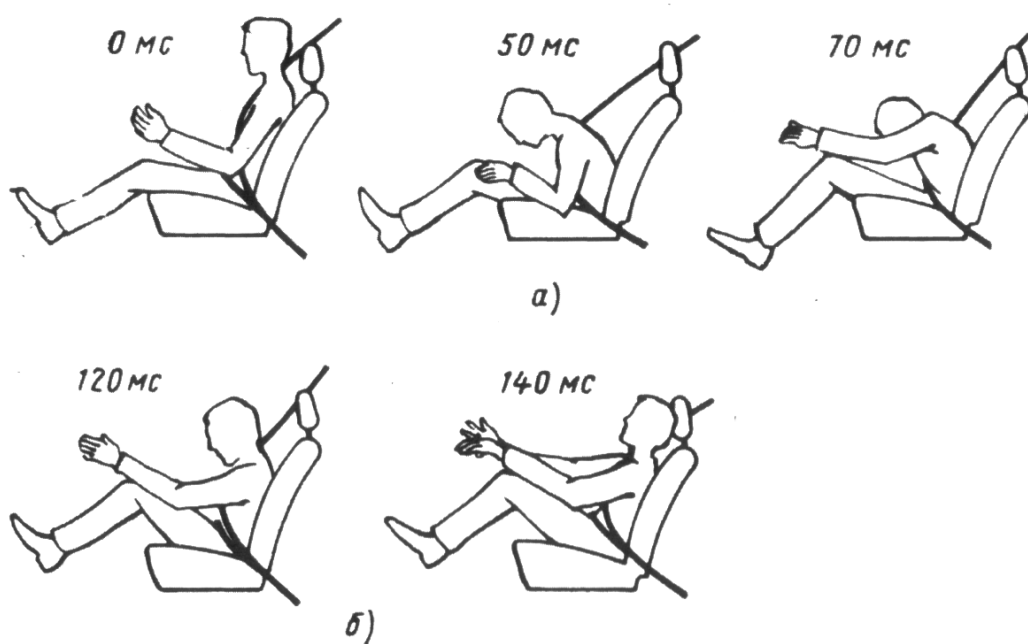


Рис. 8.12. Фазы перемещения манекена, закрепленного трехточечным ремнем безопасности, при лобовом столкновении:
а - движение вперед; *б* - движение назад

При установке ремней безопасности по ГОСТ Р 41.14-99 (Правила ЕЭК ООН №14) регламентируется минимальное число точек крепления в зависимости от категории транспортного средства (см. табл. 8.2).

Таблица 8.2
Минимальное число точек крепления и расположение нижних креплений

Категория транспортного средства	Места для сидения, расположенные по направлению движения				Места для сидения, расположенные против направления движения
	Боковые		Центральные		
	Передние	Другие	Передние	Другие	
M ₁	3	3 или 2 ⁽¹⁾	3 или 2 ⁽²⁾	2	2
M ₂ < 3,5т	3	3	3	3	2
M ₃ и M ₂ >3,5т	3 ⁽³⁾	3 или 2 ⁽⁴⁾	3 или 2 ⁽⁴⁾	3 или 2 ⁽⁴⁾	2
N ₁ , N ₂ , и N ₃	3	2 или 0 ⁽⁵⁾	3 или 2 ⁽²⁾	2 или 0 ⁽⁵⁾	
Примечание: 1 - допускаются две точки крепления, если сиденье расположено с внутренней стороны прохода; 2 - допускаются две точки крепления, если ветровое стекло находится за пределами исходной зоны; 3 – для верхнего этажа транспортного средства; 4 - допускаются две точки крепления, если в исходной зоне не находится ни каких элементов; 5 – для незащищенных мест требуется две точки крепления					

Оптимальное положение трехточечного ремня безопасности показано на рис. 8.13.

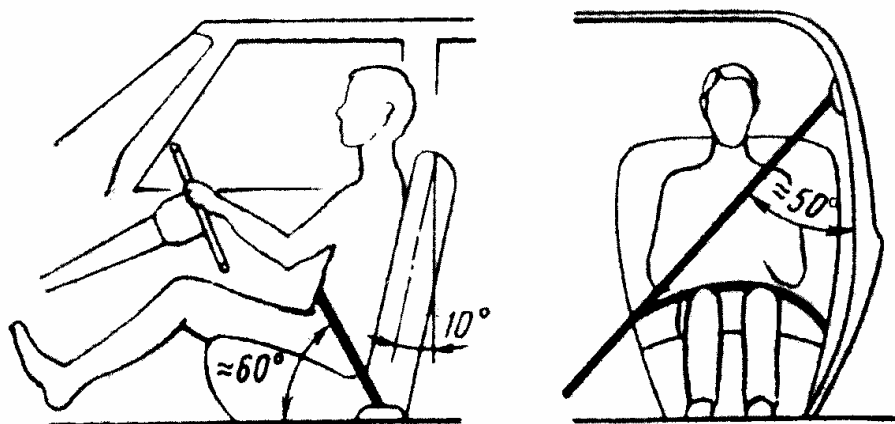


Рис. 8.13. Оптимальное положение трехточечного ремня безопасности

Лямка ремня безопасности должна быть изготовлена из целого отрезка ленты. Свободные концы ленты должны быть подрублены, оплавлены или закреплены иным способом так, чтобы исключалось их расплетение. Она должна быть эластичной и обеспечивать возможно более равномерное распределение нагрузки на тело, не должна скручиваться в свободном и напряженном состояниях.

Размеры ленты должны быть: по ширине – 55мм; по толщине – от 1,5 до 1,8 мм.

При испытании на прочность ширина ленты, измеренная без остановки испытательной машины под нагрузкой в 9800 Н, должна быть не менее 51 мм.

Ремень в сборе подвергают динамическим испытаниям. Предварительно определяют его коррозионную стойкость, выдерживая в течение 50 ч в испытательной камере с коррозионной средой. Затем комплект ремня крепят на манекене, имеющем форму, размеры и массу тела человека, который устанавливают на тележке, оборудованной сиденьем и несъемными элементами для крепления ремня. Тележку разгоняют до скорости 50 км/ч и затормаживают стопорным устройством с замедлением, позволяющим остановить ее на расстоянии 0,4 м. При этом перемещение манекена в направлении движения должно быть у ремней различной конструкции от 80 до 200 мм на уровне таза и от 100 до 300 мм на уровне грудной клетки. После динамических испытаний комплект ремня не должен иметь неисправностей и поломок, а пряжка должна открываться при приложении к ней через лямку растягивающего усилия 300 Н. Затем ремень подвергают испытаниям на истирание.

Лямку ремня испытывают на прочность после выдерживания при комнатной, низкой и высокой температурах, на свету и в воде, подвергают испытаниям ил проскальзывание, проверяют ее ширину под действием растягивающей нагрузки. Пряжку проверяют на прочность, долговечность и работоспособность при воздействии низких температур. Регулировочное приспособление испытывают на прочность и легкость регулировки. При испытаниях втягивающего устройства проверяют уровень запираения, силу втягивания, долговечность, коррозионную стойкость и пылестойкость.

Пряжка и регулировочное приспособление должны выдерживать разрывное усилие 9800 Н, а лямки и детали крепления - усилие не менее 14700 Н. Под нагрузкой 9800 Н ширина лямки должна быть не менее 46 мм.

Несъемные элементы крепления ремней безопасности должны обеспечить без разрушения при кратковременной (0,2 с) нагрузке передачу следующих по величине усилий: при испытаниях ремня по схеме с креплением в трех точках независимо от типа втягивающего устройства 13560 ± 200 Н на каждую ветвь для автомобилей категорий M_1 , M_2 , N_1 и 6750 ± 200 Н на каждую ветвь для автомобилей категорий N_2 и N_3 ; при испытаниях по схеме поясного ремня 22200 ± 400 Н для автомобилей категорий M_1 и N_1 и 11100 ± 200 Н для автомобилей категорий N_2 и N_3 . Если места крепления находятся на сиденье или расположены между кузовом и сиденьем, то кроме указанных нагрузок к сиденью должно быть приложено дополнительное усилие, равное 20-кратному весу сиденья в сборе для автомобилей категорий M_1 , M_2 и N_1 и 10-кратному весу сиденья для автомобилей категорий N_2 и N_3 .

Указанные величины нагрузок создаются при испытаниях статическим нагружением через систему тросов и штанг или при динамических испытаниях методом столкновения с неподвижным препятствием с на-

чальными скоростями 50 км/ч для автомобилей категорий M_1 , M_2 и N_1 и 35 км/ч - для автомобилей категорий N_2 и N_3 .

Основные направления совершенствования конструкций ремней безопасности:

- применение систем, исключающих запуск двигателя, если ремень не застегнут;
- использование систем, не требующих застегивать ремень при посадке в автомобиль и отстегивать его при выходе из автомобиля;
- использование инерционных катушек, позволяющих свободно разматываться ремню при плавных перемещениях человека и блокировать его при ускорениях человека 0,4...0,5g.

Подушки безопасности. Одним из эффективных способов решения проблемы ограничения перемещения водителя и пассажиров при столкновении является применение пневматических подушек.

Защитная система, использующая подушки безопасности, включает в себя датчики, приводное устройство с источником энергии, генератор газа, распределительное устройство и надувные мешки.

Датчики, сигнализирующие о начале удара, измеряют либо деформацию деталей, либо замедление автомобиля. Для надежности часто устанавливают два датчика: один на передней части автомобиля, другой внутри кузова. Сигнал датчика через 0,005...0,01 с поступает в приводное устройство, обычно представляющее собой детонатор, воспламеняемый электрической искрой.

Генератором газа служат баллоны со сжатым до 200...250 МПа азотом или аргонном, а также пиропатроны с запасом твердого топлива. Детонатор, взрываясь, разрушает металлическую перегородку в баллоне или поджигает пиропатрон. На это затрачивается еще 0,05...0,015 с, после чего газ с большой скоростью устремляется в надувные мешки. Иногда применяют один баллон со сжатым газом в сочетании с одним или двумя пиропатронами. Надувные мешки изготавливают из тонкой (толщиной 0,3...0,4 мм) резины или нейлона и в сложенном виде размещают в ступице рулевого колеса, щитке приборов и спинках передних сидений. Надуваясь, мешки через 0,015...0,020 с заполняют пространство перед водителем и пассажирами, предохраняя их от ударов. Чтобы избежать отбрасывания людей назад и сохранить видимость дороги, газ из надувных мешков после удара о него человека выходит через специальные калиброванные отверстия в течение 0,4...0,5 с.

Подушки безопасности не стесняют человека и срабатывают независимо от его действий. Схема действия подушки безопасности показана на рис. 8.14. При встречных ударах они хорошо предохраняют не только голову, но и верхнюю часть тела. Применение надувных подушек снижает число смертельных случаев при лобовых (фронтальных) столкновениях автомобилей с препятствием со скоростью 56 км/ч на 57%, со скоростью 48 км/ч на 64%.

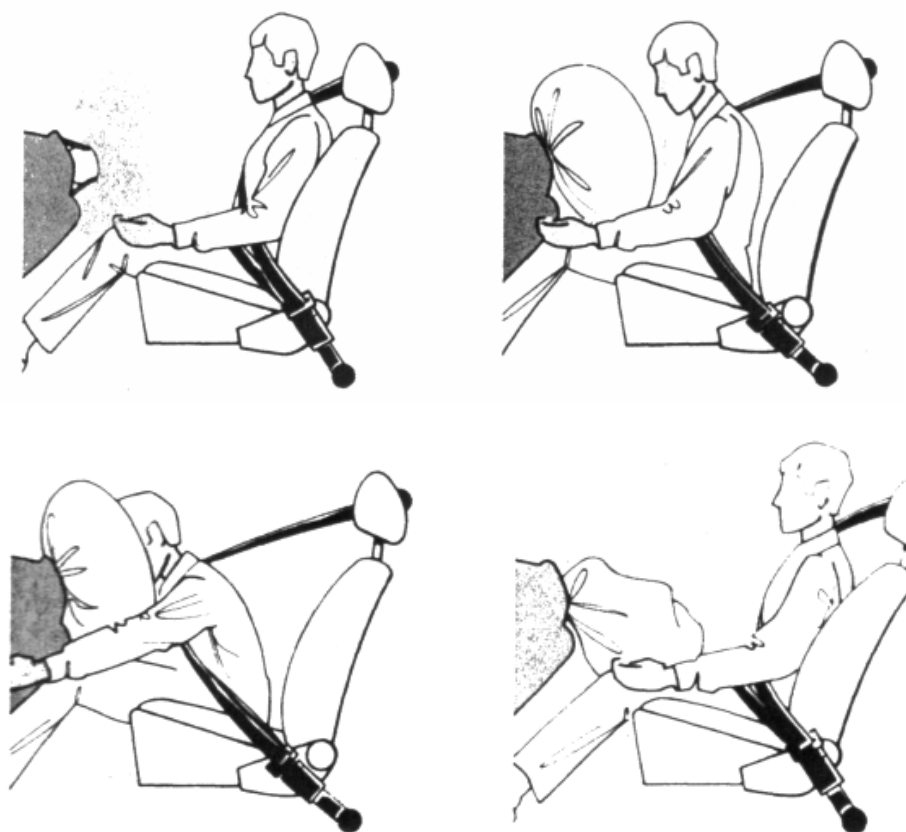


Рис. 8.14. Схема действия подушки безопасности

Недостатком подушек безопасности является значительный шум при их наполнении. Уровень этого шума на небольших автомобилях не удалось сделать ниже 125 дБА. Подушки плохо защищают человека, оказавшегося в «нестандартном» положении перед ударом, а также при боковых столкновениях и опрокидывании автомобиля. Недостаточно проверена также работоспособность подушек, длительное время хранившихся в автомобиле без употребления.

Иногда имеет место произвольное срабатывание подушки, которое становится причиной ДТП.

Защитные кабины и устройства защиты. Для обеспечения безопасности водителей тракторов (операторов) при опрокидывании на тракторы устанавливаются защитные кабины или устройства защиты ROPS и FOPS. Защитные каркасы ROPS и FOPS защищают водителя (оператора) соответственно при опрокидывании трактора и от падающих предметов. ROPS обеспечивает защиту оператора при всех возможных случаях опрокидывания при следующих условиях: движение со скоростью до 16 км/ч по глинистой поверхности с максимальным уклоном 30° , опрокидывание на 360° относительно продольной оси машины без потери контакта с опорной поверхностью.

Различают кабины с двухстоечными (арочного типа) и многостоечными (четыре- шесть) каркасами (рис. 8.15).

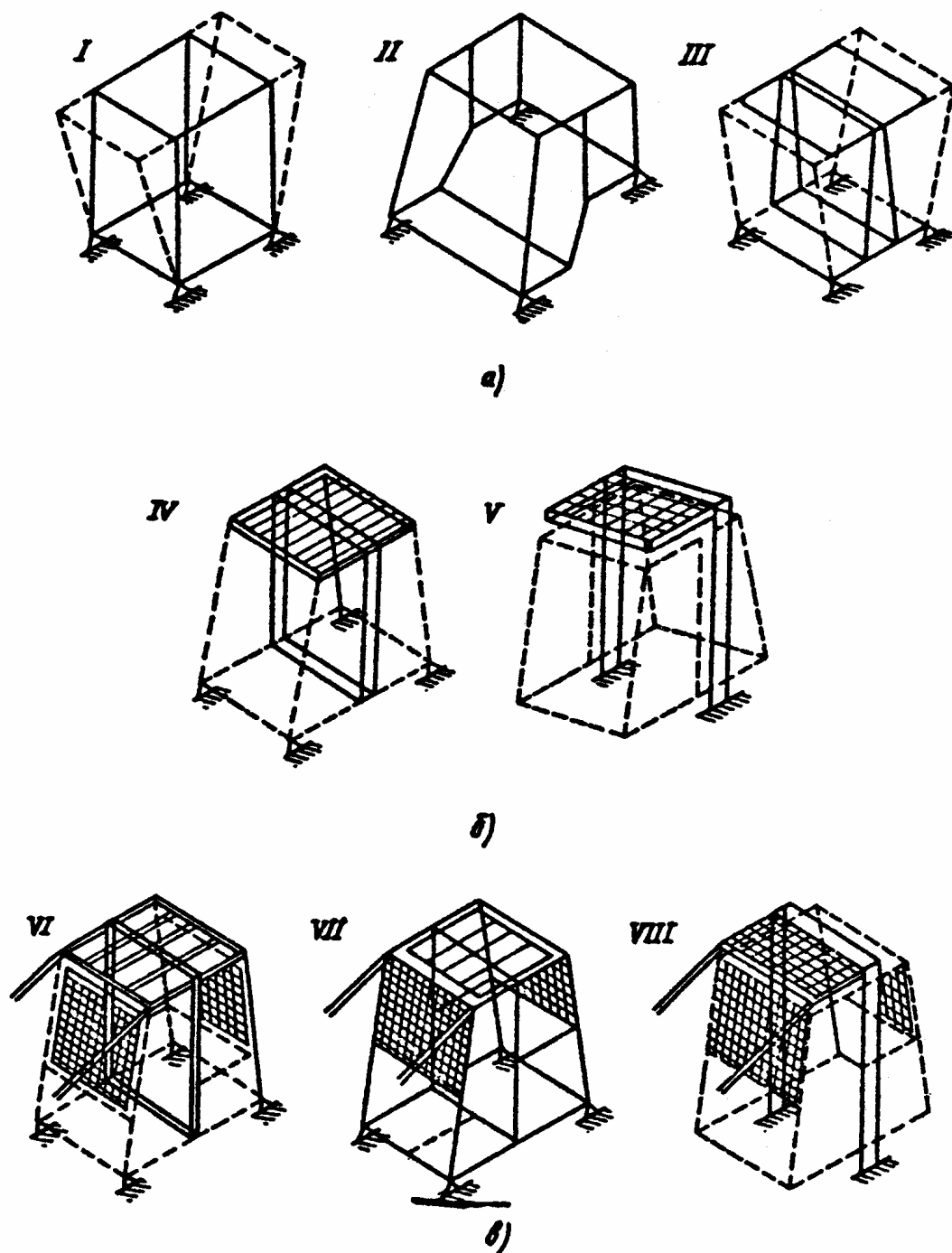


Рис. 8.15. Классификация кабин по использованию устройств защиты водителя (оператора):

а - кабины сельскохозяйственных тракторов (*I*, *II*, *III* - соответственно с четырех-, шести- и двухстоечным каркасом); *б* - кабины промышленных тракторов с каркасом арочного типа (*IV* - каркас ROPS встроен в конструкцию кабины; *V* - раздельное исполнение кабины и защитного каркаса ROPS); *в* - кабины лесохозяйственных и лесопромышленных тракторов (*VI* - каркасы арочного типа FOPS и ROPS встроены в конструкцию кабины; *VII* - каркасы FOPS со всеми несущими стойками; *VIII* - защитный каркас арочного типа расположен снаружи кабины

Условия эксплуатации и характерные виды аварийных ситуаций обусловили применение для кабин сельскохозяйственных тракторов четырех- шестистоечных каркасов. В отдельных случаях на этих тракторах устанавливают двухстоечные каркасы с усиленной передней частью крыши и передней стойкой кабины. На промышленных тракторах устанавливают двух- или шестистоечный каркас с защитной аркой ROPS, встроенной в конструкцию кабины или расположенной снаружи ее.

Кабины лесохозяйственных и лесопромышленных тракторов по конструкции аналогичны кабинам сельскохозяйственных тракторов, но имеют дополнительное устройство (FOPS) для защиты от падающих предметов и от проникновения деревьев в кабину при их транспортировании и выполнении технологических операций. Для защиты оператора промышленных и лесопромышленных тракторов от падающих предметов козырек или крышу кабины выполняют из металлического листа, рассчитанного на энергию удара, равную 11,6 кДж.

9. КОМФОРТАБЕЛЬНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ И ТРАКТОРА

9.1. Утомление водителя (оператора)

По мере того как человек выполняет ту или иную работу, в его организме происходят процессы, которые в определенный момент приводят к более или менее резкому снижению работоспособности. Такое состояние, возникшее под влиянием проделанной работы и сказывающееся на уровне работоспособности, называют утомлением. Субъективно утомление ощущается как чувство усталости, с которым необходимо, осуществлять более или менее трудную борьбу.

Утомление - сложное и многообразное явление. Часто оно не прямо оказывает влияние на результативность трудовой деятельности, а проявляется по-иному. Так, например, трудовые операции, которые раньше выполнялись легко, без всякого напряжения, автоматически, через несколько часов работы требуют дополнительного усилия, известного напряжения, особого внимания. Результативность труда в этом случае может и не снизиться, но само это усилие, напряжение уже является симптомом наступления утомления.

Другим характерным признаком утомления может служить появление мелких, казалось бы незначительных ошибочных действий. В некоторых профессиях эти ошибки не играют особой роли и могут не нарушать хода производственного процесса. Однако имеются такие виды трудовой деятельности, в которых нет «маленьких» ошибок и каждое неправильное действие приводит к весьма серьезным последствиям. Это положение полностью относится к водительским профессиям.

На основании исследований, проведенных специалистами по инженерной психологии, можно представить следующие фазы изменения работоспособности водителя (оператора).

Психическое и физиологическое состояние человека в период предшествующий работе, отличается от того, которое требуется для работы. Поэтому в начальный период работы имеется некоторое «начальное рассогласование» между новыми требованиями к водителю и его состоянием в этот момент, степень которого определяет длительность «вхождения» в работу (период вработываемости).

Вторая фаза - относительно устойчивой работоспособности - период, когда «вхождение» в работу закончено. Длительность этой фазы зависит от уровня подготовки водителя, а также его динамической и статической адаптации.

Третья фаза - падение работоспособности и надежности, обусловленные утомлением. По современным представлениям утомление - это не результат растраты потенциалов, а выражение изменения функционального состояния центральной нервной системы. Оно представляет собой закономерную реакцию организма на работу. В первую очередь в результате утомления нарушаются сложные психические процессы, т. е. ухудшается индуктивная форма мышления. Водитель при этом строит вместо полной

вероятностной модели дорожной ситуации упрощенную, с ограниченным числом ожидаемых событий. Если на дороге сложится ситуация, отличная от той (упрощенной), которую предполагал водитель, вероятность ДТП резко возрастает. Кроме того, ухудшается и моторное действие, выполняемое водителем, что проявляется в снижении точности, скорости и согласованности движений по управлению автомобилем (трактором).

Скорость развития утомления зависит от множества факторов: динамической и статической адаптации, зрительного комфорта, рабочей среды и др.

Утомляемость оказывает решающее влияние на способность водителя правильно, быстро и безопасно ориентироваться в дорожной обстановке. Снижение работоспособности вследствие утомляемости не является чисто физиологическим явлением. Как показали многочисленные исследования, важная роль в процессах утомления принадлежит психологическим факторам, напряжению нервной системы человека.

В практике работы водителя автомобиля (трактора) различают:

- естественное утомление, последствия которого исчезают уже на другой день;
- излишнее утомление, возникающее из-за неправильной организации труда;
- вредное утомление, последствия которого не исчезают на второй день, а незаметно накапливаются и долго остаются неосознанными, пока внезапно не проявятся.

Главные факторы, вызывающие утомление водителей и другие отклонения во время работы, следующие:

- продолжительность непрерывного вождения автомобиля (трактора);
- психофизиологическое состояние водителя перед выездом в рейс или выходом в смену;
- вождение автомобиля (трактора) в ночное время;
- монотонность и однообразие вождения;
- условия труда на рабочем месте водителя.

Наиболее объективным доказательством утомления водителя при управлении автомобилем является количество ДТП в зависимости от продолжительности движения и прочих условий, сопутствующих утомлению. Установлена явная зависимость количества ДТП и несчастных случаев от продолжительности работы. Было доказано, что после 8 ч работы увеличивается относительное количество ДТП и несчастных случаев, причем сначала, до 10 ч, незначительно, а затем с 11 ч оно становится особенно интенсивным. На первом часу работы по вине водителей допускается около 12% ДТП, а после 8 часов работы - около 26%.

Не меньшее влияние на утомляемость водителя оказывает психофизиологическое состояние его перед выездом. Оно ухудшается от недосыпания и нагрузки водителя перед началом работы (психическое напряжение, конфликтная нервнирующая обстановка, психическая травма).

Усиление утомления водителя происходит при управлении автомобилем в ночное время. Это связано с тем, что в этом случае мозг одновременно выполняет две функции: одну, - управление автомобилем и другую, более тяжелую, - преодоление естественной склонности ко сну.

При монотонном и однообразном движении встречается особо опасный вид утомления, который вызывает заторможенное состояние высшей нервной деятельности водителя и может привести к слабости, сонливости и засыпанию за рулем. Такое состояние возникает в результате продолжительного повторения одного и того же действия. Проведенные опыты позволили сделать вывод, что большое количество ДТП, при расследовании которых не удается установить конкретной причины происшествия, происходят из-за потери внимания под влиянием езды по однообразной дороге. При этом ни моральное, ни материальное стимулирование, ни создание оптимальных гигиенических условий у некоторых водителей не могут сократить количество допускаемых ошибок.

Таким образом, утомление, возникающее у водителя, следует считать комбинированным, т. е. физическим, умственным и эмоциональным, так как в его работе элементы физического труда сочетаются с элементами интенсивной умственной деятельности и выраженным эмоциональным напряжением.

Большое нервно-эмоциональное напряжение водителя обусловлено постоянной готовностью реагировать на различные, внезапно возникающие изменения дорожной обстановки, ответственностью за жизнь пассажиров и пешеходов, за сохранность материальных ценностей. Водитель современных автомобилей должен быть мастером скоростного вождения, что требует широкого распределения и быстрого переключения внимания, высокой степени эмоциональной устойчивости и проявления волевых качеств. В некоторые периоды работы водитель вынужден выполнять необходимые операции по управлению автомобилем в очень быстром навязанном темпе, близком к пределу его психофизиологических возможностей.

Не менее важными факторами, ускоряющими утомление, являются условия труда на рабочем месте водителя (положение при работе, ритм и темп работы, перерывы в работе), микроклимат на рабочем месте водителя (температура, давление, влажность воздуха, загазованность, освещение, излучение) и уровень шума и вибраций. Эти факторы оказывают существенное влияние и на возникновение отклонений в психофизиологическом состоянии водителя.

9.2. Климатическая комфортабельность

Ненормальные климатические условия в кабине автомобиля или трактора вредно отражаются на здоровье водителя (оператора) и являются одной из причин, способствующей возникновению ДТП. Под влиянием повышенной температуры в кабине автомобиля (трактора) у водителя

(оператора) притупляется внимание, снижается острота зрения, увеличивается время реакции, быстро наступает усталость, появляются ошибки и просчеты, которые могут привести к ДТП или к снижению качества выполнения технологической операции тракторным агрегатом. Установлено, что наиболее приемлемой температурой в кабине автомобиля (трактора) является температура 20...22 °С. При снижении температуры до 13°С степень относительной опасности ДТП возрастает в 1,5 раза, а при повышении ее до 27 °С - в 1,6 раза.

Одним из требований техники безопасности и гигиены труда является исключение возможности проникновения в кабину водителя отработавших газов, которые содержат ряд токсичных компонентов, в том числе оксида углерода. В зависимости от доли оксида углерода в воздухе и длительности работы водителя (оператора) в такой атмосфере результаты бывают различными.

Наиболее характерными признаками при незначительном отравлении являются сонливость, чувство усталости, интеллектуальная пассивность, нарушение пространственной координации движений, ошибки в определении дистанции и увеличение лагента периода при сенсомоторных реакциях. Проведенные исследования показали, что достаточно лишь незначительного количества оксида углерода, чтобы вызвать у некоторых людей ощущение угара, одурманивание, головную боль, сонливость и потерю ориентировки, т. е. такие отклонения, которые могут привести к съезду с дороги, неожиданному повороту рулевого колеса, сну. Исследования воздушной среды в кабинах водителей и в пассажирских салонах автобусов показали, что в отдельных случаях содержание оксида углерода достигает 125 мг/м³, что в несколько раз превышает предельно допустимую концентрацию для рабочей зоны водителя.

Оксид углерода засасывается в салон вместе с отработавшими газами при технических неисправностях автомобиля. Лишенный всякого запаха и цвета, оксид углерода в течение длительного времени остается совершенно незамеченным. При этом работающий человек отравляется в 3 раза быстрее по сравнению с человеком, находящимся в состоянии покоя. При этом необходимо учитывать, что оксид углерода попадает на рабочее место водителя также вместе с отработавшими газами, выбрасываемыми двигателями других автомобилей. Особенно это опасно для водителей легковых автомобилей - такси, городских автобусов и грузовых автомобилей, систематически работающих в условиях интенсивного и плотного движения транспортных средств в городах, магистрали которых заполнены отработавшими газами. Поэтому длительное вождение автомобиля, превышающее 8 ч, в условиях города крайне опасно из-за возможности отравления водителя оксидом углерода.

Условия, в которых человек не испытывает перегрева или переохлаждения, резкого движения воздуха и других неприятных ощущений, можно считать в тепловом отношении комфортными. Комфортные условия в зимний период несколько отличаются от этих же условий в летний период,

что связано с применением человеком разной одежды. Основными факторами, определяющими тепловое состояние человека, являются температура, влажность и скорость воздуха, температура и свойства окружающих человека поверхностей. При различных сочетаниях этих факторов можно создать одинаковые комфортные условия в летний и зимний периоды эксплуатации.

Ввиду многообразия особенностей теплообмена между организмом человека и внешней средой выбор единого критерия, характеризующего комфортные условия и являющегося функцией параметров среды, является трудной задачей. Поэтому комфортные условия обычно выражают совокупностью показателей, ограничивающих отдельные параметры: температуру, влажность, скорость воздуха, максимальный перепад температур воздуха в кузове и вне его, температуру окружающих поверхностей (пола, стен, потолка), уровень радиации человека, подачу воздуха в ограниченное помещение (кузов, кабину) на одного человека в единицу времени или кратность воздухообмена.

Комфортные значения температуры и влажности воздуха, рекомендуемые различными исследователями, несколько отличаются. Так, Институт гигиены труда и профессиональных заболеваний АМН СССР рекомендует для человека, выполняющего легкую работу, температуру воздуха в зимнее время 20...22 °С, в летнее 23...25 °С при относительной его влажности 40...60%. Допустимой является температура воздуха 28 °С при той же влажности и незначительной его скорости (около 0,1 м/с).

По результатам французских исследователей, для легких зимних работ рекомендуется температура воздуха 18...20 °С при его влажности 50...85%, а для летних 24...28 °С при влажности воздуха 35...65%.

По некоторым зарубежным данным, водители автомобилей должны работать при более низких температурах (15...17 °С в зимний период эксплуатации и 18...20 °С в летний) при относительной влажности воздуха 30...60% и скорости его движения 0,1 м/с. Кроме того, перепад температур наружного воздуха и внутри кузова в летний период не должен превышать 10 °С. Разность температур внутри ограниченного объема кузова во избежание простудных заболеваний человека не должна превышать 2...3 °С. Допустимый предел относительной влажности воздуха 30...70%. Для обеспечения комфортных условий рекомендуемая скорость движения воздуха для зимних условий 0,15 м/с, для летних - 0,25 м/с, но не более 0,4 м/с. Рекомендуемая кратность обмена воздуха в небольших помещениях 20...30, а подача воздуха не менее 30 м³/ч на одного человека.

В зависимости от условий работы для обеспечения комфортных условий температуру в зимний период можно принимать при легкой работе 21 °С, умеренной 18,5 °С, тяжелой 16 °С.

В настоящее время микроклиматические условия на автомобилях и тракторах регламентированы. Так, температура воздуха в кабине (кузове) в летний период не должна быть выше 28 °С, в зимний (при наружной температуре -20 °С) - не менее 14 °С. В летнее время при движении автомоби-

ля со скоростью 30 км/ч перепад между внутренней и наружной температурой воздуха на уровне головы водителя не должен быть более 3 °С при наружной температуре +28 °С и более 5 °С при наружной температуре +40 °С. В зимнее время в зоне расположения ног, пояса и головы водителя следует обеспечить температуру не ниже +15 °С при наружной температуре -25 °С и не ниже +10 °С при наружной температуре -40 °С.

Влажность воздуха в кабине должна быть 30...70 %.

Подвод свежего воздуха в кабину должен быть не менее 30 м³/ч на одного человека, скорость движения воздуха в кабине и салоне автомобиля 0,5...1,5 м/с.

Предельная концентрация пыли в кабине (салоне) не должна превышать 5 мг/м³.

В кабине трактора в теплый период года температура воздуха не должна превышать для всех зон 28 °С при относительной влажности 40...60 %. При этом в теплый период года (температура наружного воздуха +10 °С и выше) для зон с расчетной средней температурой в 13 ч дня самого жаркого месяца до 25 °С температура воздуха в кабине не должна превышать 28 °С. Для зон с расчетной средней температурой воздуха в 13 ч дня самого жаркого месяца 25...30 °С температура воздуха в кабине не должна превышать 31 °С, а для зон с расчетной средней температурой воздуха в 13 ч дня самого жаркого месяца свыше 30 °С температура воздуха в кабине не должна превышать 33 °С.

Перепад температур в кабине трактора не должен превышать 3 °С, а относительная влажность воздуха - 60 %. В районах с повышенной влажностью допускается увеличение относительной влажности на 10 %.

В периоды года с температурой наружного воздуха ниже 10 °С температура воздуха в кабине должна быть не ниже 14 °С.

Направление и скорость движения воздуха в кабине должны регулироваться. Скорость движения воздуха в зоне дыхания водителя (оператора) не должна превышать 1,5 м/с.

Средневзвешенная температура всех внутренних поверхностей кабины трактора (за исключением поверхностей стекол и панели, расположенной под щитком приборов) должна быть не выше 35 °С.

Устройства системы вентиляции должны создавать в закрытой кабине избыточное давление не менее 10 Па.

Концентрация пыли в кабине в зависимости от содержания SiO₂ не должна быть более указанной в табл. 9.1.

Таблица 9.1

Допустимая концентрация пыли в кабине трактора

Содержание кристаллического SiO ₂ в пыли, %	Средняя концентрация пыли, мг/м ³
До 2	10
Свыше 2 до 10	4
Свыше 10 до 70	2
Свыше 70	1

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочих зон салона и кабины автомобиля и трактора регламентируются ГОСТ Р 51206-98 для автомобилей и ГОСТ 12.2.019-86 для тракторов, в частности: оксид углерода (CO) - 20 мг/м³; оксиды азота в пересчете на NO₂ - 5 мг/м³; углеводороды суммарные (C_nH_m) - 300 мг/м³; акролеин (C₂H₃CHO) - 0,2 мг/м³.

Паров бензина в салоне и кабине автомобиля не должно быть больше 100 мг/м³.

Температурный режим в кабине (кузове) может быть ориентировочно рассчитан по уравнению теплового баланса, согласно которого температура воздуха в кабине (кузове) остается постоянной:

$$\sum Q_i = 0,$$

где Q_i - поступления теплоты в кабину от различных источников.

В большинстве случаев

$$\sum Q_i = Q_{\text{ч}} + Q_{\text{по}} + Q_{\text{нп о}} + Q_{\text{дв}} + Q_{\text{тр}} + Q_{\text{го}} + Q_{\text{зо}} + Q_{\text{вн}} = 0. \quad (9.1)$$

Таким образом, тепловой баланс кабины (салона) определяется рядом факторов, основными из которых являются: количество людей в кабине (салоне) и количество теплоты $Q_{\text{ч}}$, поступающей от них; количество теплоты, поступающей через прозрачные ограждения $Q_{\text{по}}$ (главным образом от солнечной радиации) и непрозрачные ограждения $Q_{\text{нп о}}$; количество теплоты, поступающей от двигателя $Q_{\text{дв}}$, трансмиссии $Q_{\text{тр}}$, гидрооборудования $Q_{\text{го}}$, электрооборудования $Q_{\text{зо}}$ и вместе с внешним воздухом $Q_{\text{вн}}$, подаваемым вентилятором. Следует отметить, что слагаемые теплового баланса, входящие в уравнение (9.1), следует учитывать алгебраически, т. е. с положительным знаком при выделении теплоты в кабину и с отрицательным при ее отводе из кабины.

Очевидно, что условие теплового баланса (9.1) выполняется в том случае, если количество теплоты, поступающее в кабину, равно количеству теплоты, отводимому из нее.

Температурные условия и подвижность воздуха в кабинах автомобилей и тракторов обеспечиваются системами отопления, вентиляции и кондиционирования.

В настоящее время существует большое число систем вентиляции и отопления кабин и салонов автомобилей и кабин тракторов, отличающихся компоновкой и конструкцией отдельных узлов. Наиболее экономичной и широко применяемой на современных автомобилях системой отопления является система, использующая теплоту водяного охлаждения двигателя. Совмещение систем отопления и общеобменной вентиляции кабины позволяет повысить экономичность всего комплекса устройств обеспечения микроклимата в кабине в течение года. Системы отопления и вентиляции отличаются в основном расположением воздухозаборника на наружной

поверхности автомобиля, типом применяемого вентилятора и его расположением относительно радиатора отопителя (на входе или на выходе из радиатора), типом применяемого радиатора (трубчато-пластинчатый, трубчато-ленточный, с интенсифицированной поверхностью, матричный и др.), методом управления работой отопителя, наличием или отсутствием обводного воздушного канала, рециркуляционного канала и т. д.

Забор воздуха снаружи кабины в отопитель производится в месте минимальной запыленности воздуха и максимального динамического давления, возникающего при движении автомобиля. В грузовых автомобилях и тракторах воздухозаборник располагают на крыше кабины. В воздухозаборнике устанавливают водоотражательные перегородки, жалюзи и крышки, приводимые в действие изнутри кабины.

Для обеспечения подачи воздуха в кабину и преодоления аэродинамического сопротивления радиатора и воздухопроводов используется вентилятор осевого, радиального, диаметального, диагонального или другого типа. В настоящее время наибольшее распространение получил двухконсольный радиальный вентилятор, так как он имеет сравнительно малые размеры при большой производительности.

Для привода вентилятора применяют электродвигатели постоянного тока. Регулирование частоты вращения электродвигателя и соответственно рабочего колеса вентилятора производят с помощью двух- или трехступенчатого переменного резистора, включенного в цепь питания электродвигателя.

От конструктивного и технологического исполнения теплопередающей поверхности радиатора зависят производительность теплоты отопителя и его аэродинамическое сопротивление. Для повышения эффективности теплоотдачи от радиатора усложняют форму его каналов, по которым движется воздух, применяют различные турбулизаторы.

Решающую роль в эффективном равномерном распределении температур и скоростей воздуха в кабине играет воздухораспределитель. Насадки воздухораспределителя выполняют различной формы: прямоугольной, круглой, овальной и т. д. Их размещают перед стеклом ветрового окна, вблизи стекол дверей, в центре панели приборов, у ног водителя и в других местах, определяемых требованиями к распределению приточных воздушных потоков в кабине. В насадках устанавливают различные заслонки, поворотные жалюзи, управляющие пластины и т. д. Привод к заслонкам и поворотным жалюзи чаще всего располагают непосредственно в корпусе.

Воздуховоды к воздухораспределителю изготавливают из тонколистовой стали, резиновых шлангов, гофрированных пластмассовых труб и т. д. В некоторых автомобилях в качестве воздухопроводов используют детали кабины, полость щитка приборов. Однако такое выполнение воздухопроводов является не рациональным, так как не обеспечивается герметичность и увеличиваются потери.

Безопасность движения автомобиля и качество выполнения технологического процесса тракторным агрегатом в значительной степени зависят

от надежной и эффективной защиты ветрового стекла от запотевания и обмерзания, что достигается равномерным его обдувом теплым воздухом и подогревом до температуры выше точки росы. Такая защита стекла конструктивно проста, не ухудшает его оптических свойств, но требует увеличения производительности системы вентиляции и высокой теплоемкости стекла. Эффективность струйной защиты стекла от запотевания определяется температурой и скоростью воздуха на выходе из насадка, расположенного перед кромкой стекла. Чем выше скорость воздуха на выходе из насадки, тем меньше температура в зоне стекла отличается от температуры на выходе из насадки.

Компоновка системы вентиляции и отопления зависит от конструкции автомобиля (трактора), кабины, отдельных узлов и их размещения.

В отличие от автомобильных систем отопления и вентиляции в тракторах большее внимание уделяется очистке, поступающего в кабину воздуха. Это связано с тем, что при выполнении тракторным агрегатом технологического процесса (обработка почвы) вокруг кабины трактора создается облако пыли. Около кабины сельскохозяйственных тракторов весной и осенью преобладает пыль минерального происхождения с частицами размером 1...5 мкм при концентрации вблизи от очага образования до 1400 мг/м³ при пахоте, посеве озимых и яровых культур, культивации и бороновании. При этом на транспортных работах запыленность воздуха около кабины трактора значительно ниже.

Поскольку нас интересует концентрация пыли и ее дисперсность непосредственно в месте забора обрабатываемого воздуха системой отопления и вентиляции в кабину, важной является информация о результатах замеров, характеризующих распределение ее в облаке, охватывающем кабину. Экспериментальные исследования, выполненные ФГУП НАТИ на тракторе Т-150К, показали, что запыленность воздуха на уровне нижней части кабины с ее боковых сторон достигает 185 мг/м³, спереди - 180 мг/м³, а сзади - 280 мг/м³. Запыленность воздуха на уровне крыши кабины составляет уже 48 мг/м³, а на расстоянии 0,5 м от верха крыши кабины 36 мг/м³. Из других данных, полученных на основе испытаний различных машин, включая гусеничные тракторы, следует, что в передней части крыши кабины (в месте размещения воздухозаборника системы отопления и вентиляции) на различных видах работ кратковременная экстремальная расчетная концентрация пыли составляет до 150 мг/м³, а расчетная средняя может быть принята равной 50 мг/м³.

Таким образом, в качестве расчетной при выборе и оценке эффективности работы устройства для очистки обрабатываемого воздуха от пыли в системе отопления и вентиляции кабины можно принять начальную концентрацию пыли - минимальную 50 мг/м³ и максимальную 150 мг/м³ при ее дисперсном составе, характеризующимся размером частиц пыли 5 мкм и менее. При этом отметим, что частицы такой высокодисперсной пыли, являясь носителями остаточных в почве вредных примесей (гербици-

дов, пестицидов, минеральных удобрений и др.), способны проникать глубоко в легкие человека и накапливаться в них с вытекающими отсюда негативными для него последствиями.

Другие вредные примеси в обрабатываемом воздухе, например, оксид углерода, имеют место или при неудачном расположении среза выхлопной трубы двигателя относительно воздухозаборника устройства кондиционирования воздуха и утечках выхлопных газов в тракте, или при выполнении специальных технологических операций. Снижение концентрации оксида углерода в воздухе кабины, в первую очередь, обеспечивается известными конструктивными мерами, а вопросы защиты от других агрессивных веществ требуют специальных мер.

В настоящее время получили распространение устройства для искусственного охлаждения воздуха, поступающего в кабину (кузов) Это - кондиционеры. По принципу действия кондиционеры подразделяются на фреоновые или парокомпрессионные, с воздушной холодильной машиной, термоэлектрические и испарительные.

Автоматическое управление режимом работы отопителя некоторых автомобилей (тракторов) производится изменением расхода воды или воздуха через радиатор отопителя. При автоматическом регулировании за счет изменения расхода воздуха параллельно радиатору выполняют обводной воздушный канал, в котором устанавливают заслонку с приводом от электродвигателя.

Как уже отмечалось выше, важное место в системе вентиляции кабины (кузова) автомобиля и особенно трактора, из-за особенностей условий работы, занимает очистка вентиляционного воздуха от пыли.

Самым распространенным способом очистки вентиляционного воздуха в кабинах является его фильтрация в фильтрах из картона, синтетических волокнистых материалов, модифицированного пенополиуретана и др. Однако для эффективного использования таких фильтров, отличающихся небольшой пылеемкостью, с меньшим числом технических обслуживаний необходимо снижать концентрацию пыли на входе в фильтр. Для этого на входе в фильтр устанавливают пылеотделители инерционного типа с непрерывным удалением уловленной пыли для предварительной очистки воздуха.

Основные принципы обеспыливания вентиляционного воздуха основаны на использовании одного или нескольких механизмов осаждения частиц пыли из воздуха: инерционный эффект отделения и эффекты зацепления и осаждения. Инерционное осаждение осуществляется при криволинейном движении запыленного воздуха под действием центробежных и кориолисовых сил. На поверхность осаждения отбрасываются такие частицы, у которых масса или скорость значительны и они не могут следовать вместе с воздухом по линии потока, огибающей препятствие. Инерционное осаждение проявляется и тогда, когда препятствиями являются элементы заполнения фильтров из волокнистых материалов, торцы плоских листов инерционных жалюзийных решеток и т. д.

При движении запыленного воздуха через пористую перегородку частицы, взвешенные в воздухе, задерживаются на ней, а воздух полностью проходит через нее. Исследования процесса фильтрации направлены на установление зависимости эффективности пылеулавливания и аэродинамического сопротивления от структурных характеристик пористых перегородок, свойств пыли и режима течения воздуха.

Процесс фильтрации в волокнистых фильтрах происходит в две стадии. На первой стадии частицы осаждаются в чистом фильтре без структурных изменений пористой перегородки. При этом изменения пылевого слоя по толщине и составу малы и ими можно пренебречь. На второй стадии происходят непрерывные структурные изменения пылевого слоя и дальнейшее осаждение частиц в значительном количестве. При этом изменяется эффективность пылеулавливания фильтра и его аэродинамическое сопротивление, что осложняет расчет процесса фильтрации. Вторая стадия - самая сложная и мало изученная, но в условиях эксплуатации определяет эффективность работы фильтра, так как первая стадия очень кратковременная.

Из всего многообразия фильтрующих материалов, применяемых в фильтрах системы обеспыливания вентиляционного воздуха кабин можно выделить три группы: тканевые из природных, синтетических и минеральных волокон; нетканые - войлок, бумага, картон, иглопробивные материалы и др.; ячеистые - пенополиуретан, губчатая резина и др.

Существенным недостатком фильтров из любого фильтрующего материала является необходимость их замены или технического обслуживания с целью регенерации (восстановления) фильтрующего материала. Частичная регенерация фильтра может быть проведена непосредственно в системе вентиляции обратной продувкой фильтрующего материала очищенным воздухом из кабины автомобиля или струйной локальной продувкой воздухом от компрессора с предварительной очисткой сжатого воздуха от паров воды и масла.

Для изготовления фильтров используются материалы естественного и искусственного происхождения. К материалам естественного происхождения относится хлопок, шерсть. Они имеют низкую термостойкость, высокую влагоемкость. Общим недостатком всех фильтрующих материалов естественного происхождения является их подверженность гнилостным процессам и отрицательному действию влаги.

К синтетическим и минеральным материалам относятся: нитрон, имеющий высокую стойкость к воздействию температур, кислот и щелочей; хлоран, имеющий низкую термостойкость, но высокую химическую стойкость; капрон, характеризующийся высокой устойчивостью к истиранию; оксалон, имеющий высокую термостойкость; стекловолокно и асбест, отличающиеся высокой термостойкостью и др.

Высокие показатели пылеулавливающих, прочностных и регенерационных параметров имеет фильтрующий материал из лавсана. Широкое применение в фильтрах с импульсной продувкой воздуха при регенерации

фильтра получили нетканые иглопробивные лавсановые фильтрующие материалы. Эти материалы получают уплотнением волокон с последующей прошивкой или иглопрокалыванием. Недостатком таких фильтрующих материалов является прохождение более мелких частиц пыли через отверстия, образованные иглами.

Из всего многообразия фильтрующих материалов, применяемых в фильтрах системы обеспыливания вентиляционного воздуха кабин можно выделить три группы: тканевые из природных, синтетических и минеральных волокон; нетканые - войлок, бумага, картон, иглопробивные материалы и др.; ячеистые - пенополиуретан, губчатая резина и др.

Существенным недостатком фильтров из любого фильтрующего материала является необходимость их замены или технического обслуживания с целью регенерации (восстановления) фильтрующего материала. Частичная регенерация фильтра может быть проведена непосредственно в системе вентиляции обратной продувкой фильтрующего материала очищенным воздухом из кабины автомобиля или струйной локальной продувкой воздухом от компрессора с предварительной очисткой сжатого воздуха от паров воды и масла.

Конструкция фильтров из тканых или нетканых фильтрующих материалов для систем вентиляции кабин должна иметь максимальную поверхность фильтрации при минимальных размерах и аэродинамическом сопротивлении. Установка фильтра в кабине и его смена должна быть удобной и обеспечивать надежную герметичность по периметру фильтра.

9.3. Вибрационная комфортабельность

С точки зрения реакции на механические возбуждения, человек представляет собой некоторую механическую систему. При этом различные внутренние органы и отдельные части тела человека можно рассматривать как массы, соединенные между собой упругими связями с включением параллельных сопротивлений.

Относительные перемещения частей тела человека приводят к напряжениям в связках между этими частями и взаимному соударению и надавливанию. Такая вязкоупругая механическая система обладает собственными частотами и достаточно ярко выраженными резонансными свойствами. Резонансные частоты отдельных частей человека следующие: головы 12...27 Гц, горла - 6...27 Гц, грудной клетки – 2...12 Гц, ног и рук - 2...8 Гц, поясничной части позвоночника 4...14 Гц, живота 4...12 Гц. Степень вредного воздействия колебаний на организм человека зависит от частоты, продолжительности и направления действия вибрации, индивидуальных особенностей человека.

Продолжительные колебания человека с частотой $f = 3...5$ Гц вредно отражаются на вестибулярном аппарате, сердечно-сосудистой системе и вызывают синдром укачивания. Колебания с частотой $f = 1,5...11$ Гц вызывают расстройства вследствие резонансных колебаний головы, желудка,

кишечника и в конечном счете всего тела. При колебаниях с частотой $f = 11 \dots 45$ Гц ухудшается зрение, возникает тошнота, рвота, нарушается нормальная деятельность других органов. Колебания с частотой $f \geq 45$ Гц вызывают повреждение сосудов головного мозга, происходит расстройство циркуляции крови и высшей нервной деятельности с последующим развитием вибрационной болезни.

Поскольку вибрация при постоянном воздействии оказывает неблагоприятное влияние на организм человека, ее нормируют.

Общий подход к нормированию вибрации заключается в ограничении виброускорения или виброскорости, измеренных на рабочем месте водителя в зависимости от направления действия вибрации, ее частоты и продолжительности.

Отметим, что плавность хода машины характеризуется общей вибрацией, передающейся через опорные поверхности на тело сидящего человека. Локальная же вибрация передается через руки человека от органов управления машиной и ее влияние менее существенно, чем общая.

Зависимость среднего квадратического значения вертикального виброускорения a_z сидящего человека от частоты f колебаний при его постоянной вибронегруженности приведена на рис. 9.1 (кривые «равного ощущения»), из которого видно, что в диапазоне частот $f = 2 \dots 8$ Гц чувствительность организма человека к вибрации повышается. Причина этого как раз и заключается в резонансных явлениях различных частей тела человека и его внутренних органов. Большинство кривых «равного ощущения» получены при воздействии на организм человека гармонической вибрации. При случайной вибрации кривые «равного ощущения» в различных диапазонах частот имеют общий характер, но количественно отличаются от гармонической вибрации.

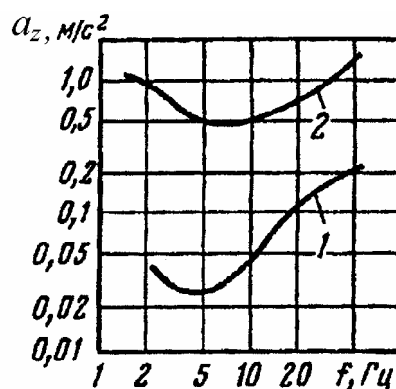


Рис. 9.1. Кривые «равного ощущения» при гармонической вибрации:
1 – порог ощущений; 2 – начало неприятных ощущений

Гигиеническую оценку вибрации проводят одним из трех методов: частотным (спектральным) анализом; интегральной оценкой по частоте и дозой вибрации.

При частотном анализе нормируемыми параметрами являются средние квадратические значения виброскорости V и их логарифмические уровни L_v или виброускорения a_z для локальной вибрации в октавных полосах частот, а для общей вибрации – в октавных или 1/3 октавных полосах частот.

При нормировании вибрации кривые «равного ощущения» впервые стали учитываться в стандарте ИСО 2631-78. Стандарт устанавливает допускаемые средние квадратические значения виброускорения в третьоктавных полосах частот в диапазоне среднегеометрических частот 1...80 Гц при различной продолжительности действия вибрации. Стандарт ИСО 2631-78 предусматривает оценку как гармонической, так и случайной вибрации. При этом направление общей вибрации принято оценивать вдоль осей ортогональной системы координат: z - вертикальное, x - продольное и y - поперечное.

Аналогичный подход к нормированию вибрации использован в ГОСТ 12.1.012-90, положения которого являются основой определения критерия и показателей плавности хода автомобилей и тракторов.

В качестве критерия плавности хода введено понятие «безопасность», не допускающее нарушение здоровья водителя (оператора).

Показатели плавности хода обычно назначают по выходной величине, которой является вертикальное виброускорение a_z или вертикальная виброскорость V_z , определяемые на сиденье водителя (оператора). Здесь необходимо отметить, что при оценке вибрационной нагрузки на человека предпочтительной выходной величиной является виброускорение. Для санитарного нормирования и контроля интенсивность вибрации оценивают средним квадратическим значением a_z вертикального виброускорения, а также его логарифмическим уровнем L_{az} (дБ):

$$L_{az} = 20 \lg \frac{a_z}{a_{zo}},$$

где $a_{zo} = 10^{-6} \text{ м/с}^2$ - пороговое среднее квадратическое значение вертикального виброускорения.

Среднее квадратическое значение a_z называют «контролируемым параметром», а плавность хода машины определяют при постоянной вибрации в диапазоне частот 0,7...22,4 Гц.

Ранее отмечалось, что нормируемыми показателями вибрационной нагрузки на человека являются как одночисловые параметры (интегральная оценка), так и спектр (раздельно-частотная оценка) вибрации.

К одночисловым параметрам относится скорректированное по частоте значение контролируемого параметра, с помощью которого учитывается неоднозначность восприятия человеком вибрации с различным спектром частот. Скорректированное по частоте значение контролируемого параметра и его логарифмический уровень определяются из выражений:

$$\tilde{a}_z = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_{zi} a_{zi})^2} ;$$

$$L_{\tilde{a}z} = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1(L_{azi} + L_{kzi})} ,$$

где a_{zi} и L_{azi} - среднее квадратическое значение контролируемого параметра и его логарифмический уровень в i -ой октавной или третьоктавной полосе; k_{zi} и L_{kzi} - весовой коэффициент для среднего квадратического значения контролируемого параметра и его логарифмический уровень в i -ой полосе частот; $L_{kzi} = 20 \lg k_{zi}$; n - число полос в нормируемом диапазоне частот.

Значения весовых коэффициентов приведены в табл. 9.2. Согласно санитарным нормам, для одночислового параметра вибрационной нагрузки на человека при длительности смены 8 ч и общей вибрации нормативное среднее квадратическое значение вертикального виброускорения составляет $0,56 \text{ м/с}^2$, а его логарифмический уровень 115 дБ.

Таблица 9.2

Значение весового коэффициента k_{zi} и его логарифмического уровня L_{kzi} для вертикального виброускорения при общей вибрации

Среднее геометрическое значение частоты третьоктавной и октавной полос $f_{срi}$, Гц	Третьоктавная полоса частот		Октавная полоса частот	
	k_{zi}	L_{kzi}	k_{zi}	L_{kzi}
0,8	0,45	-7	0,5	-6
1,0	0,5	-6		
1,25	0,56	-5		
1,6	0,63	-4	0,71	-3
2,0	0,71	-3		
2,5	0,8	-2		
3,15	0,9	-1	1,0	0
4,0	1,0	0		
5,0	1,0	0		
6,3	1,0	0	1,0	0
8,0	1,0	0		
10,0	0,8	-2		
12,5	0,63	-4	0,5	-6
16,0	0,50	-6		
20,0	0,40	-8		

При определении вибрационной нагрузки на человека с использованием спектра вибрации нормируемыми показателями являются среднее

квадратическое значение виброускорения или его логарифмический уровень в третьоктавных и октавных полосах частот. Допускаемые значения спектральных показателей вибрационной нагрузки на человека приведены в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Санитарные нормы спектральных показателей вибрационной нагрузки для вертикального виброускорения

Среднее геометрическое значение частоты третьоктавной и октавной полос $f_{срi}$, Гц	Нормативное среднее квадратическое значение виброускорения a_{zi} , м/с ²		Нормативное значение логарифмического уровня виброускорения L_{azi} , дБ	
	Третьоктавная полоса частот	Октавная полоса частот	Третьоктавная полоса частот	Октавная полоса частот
0,8	0,71	1,10	117	121
1,0	0,63		116	
1,25	0,56		115	
1,6	0,50	0,79	114	118
2,0	0,45		113	
2,5	0,40		112	
3,15	0,335	0,57	111	115
4,0	0,315		110	
5,0	0,315		110	
6,3	0,315	0,60	110	116
8,0	0,315		110	
10,0	0,40		112	
12,5	0,50	1,13	114	121
16,0	0,63		116	
20,0	0,80		118	

В случае применения интегрального и отдельно-частотного методов оценки вибрационной нагрузки на человека можно прийти к различным результатам. В качестве приоритетного рекомендуется использовать метод отдельно-частотной (спектральной) оценки вибрационной нагрузки.

В настоящее время определены и используются в практике нормируемые показатели плавности хода машин, такие как виброускорения и виброскорости в вертикальной и горизонтальной плоскостях, устанавливаемые дифференцированно для различных частот колебаний. Последние группируются в семь октавных полос со средней геометрической частотой от 1 до 63 Гц (табл. 9.4).

На ряде специальных колесных и гусеничных машин, эксплуатируемых в тяжелых дорожных условиях, где амплитуды микропрофиля значительные, трудно обеспечить значения показателей плавности хода, регламентируемые для транспортной техники. Поэтому для таких машин уста-

навливают нормативные показатели плавности хода на более низком уровне (табл. 9.5).

Таблица 9.4

Нормируемые показатели плавности хода транспортных машин

Параметр	Средняя геометрическая частота колебаний, Гц						
	1	2	4	8	16	31,5	63
Виброскорость, м/с:							
вертикальная	0,200	0,071	0,025	0,013	0,011	0,011	0,011
горизонтальная	0,063	0,035	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032
Виброускорение, м/с ² :							
вертикальное	1,10	0,79	0,57	0,60	1,14	2,26	4,49
горизонтальное	0,39	0,42	0,80	1,62	3,20	6,38	12,76

Таблица 9.5

Нормы для машин, работающих в тяжелых условиях

Ускорения на рабочем месте водителя (оператора)	Машина	
	Транспортно-тяговая	Тяговая
Вертикальные:		
средние квадратические	0,5 g	0,6 g
максимальные от эпизодических толчков	1,5 g	2,5 g
максимальные от поворотных толчков	0,7 g	1,0 g
Горизонтальные средние квадратические	0,4 g	0,4 g

Нормы плавности хода для грузовых автомобилей, автобусов, легковых автомобилей, прицепов и полуприцепов определены для трех типов участков автополигона НАМИ: I – цементной динамометрической дороги со среднеквадратическим значением (СКЗ) высот неровностей 0,006 м; II – булыжной мощеной дороги без выбоин с СКЗ неровностей 0,011 м; III – булыжной дороги с выбоинами с СКЗ неровностей 0,029 м.

Нормы плавности хода автомобилей, установленные ОСТ 37.001.291-84, приведены в табл. 9.6.

Для тракторов нормирование вибрации регламентирует ГОСТ 12.2.019-86. Предельные нормы вибрации на сиденье водителя (оператора) в вертикальном направлении приведены в табл. 9.7, а в горизонтальном - в табл. 9.8.

Улучшение показателей плавности хода автомобилей и тракторов осуществляется реализацией следующих мероприятий:

- выбором компоновочной схемы автомобиля или колесного трактора, обеспечивающей независимость колебаний на передней и задней подвесках подрессоренной массы машины;
- выбором оптимальной характеристики упругости подвески;
- обеспечением оптимального соотношения жесткостей передней и задней подвесок автомобиля или колесного трактора;
- уменьшением массы неподрессоренных частей;

Таблица 9.6

Предельные технические нормы плавности хода автомобилей

Грузовые автомобили						
Тип дороги	Корректированные значения виброускорений на сиденьях, м/с ² , не более				Средние квадратиче- ские значения верти- кальных виброускорен- ний в характерных точ- ках поддресоренной части, м/с ² , не более	
	вертикальных	горизонтальных				
		продольных	поперечных			
I	1,0	0,65	0,65		1,3	
II	1,5	1,00	0,80		1,8	
III	2,5	1,60	1,60		2,7	
Автобусы						
Тип дороги	Корректированные значения виброускорений на сиденьях автобусов, м/с ² , не более					
	городских				остальных типов	
	водителя		пассажиров		водителя и пассажиров	
	Верти- кальных	Горизон- тальных	Верти- кальных	Горизон- тальных	Верти- кальных	Горизон- тальных
I	0,65	0,45	0,8	0,6	0,8	0,6
II	0,90	0,65	1,1	0,8	1,1	0,8
Легковые автомобили						
Тип дороги	Корректированные значения виброускорений на сиденьях водителя и пассажиров, м/с ² , не более					
	вертикальных			горизонтальных		
I	0,8			0,6		
II	1,1			0,8		
III	2,0			1,3		

Таблица 9.7

Предельные параметры вибрации в вертикальном направлении на сиденье водителя (оператора) трактора

Класс трактора	Средние квадратические значения ускорений, м/с ² , в ок- тавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц				
	2	4	8	16	31,5
0,6	1,15	0,80	0,60	1,14	-
0,9...1,4	1,30	0,60	0,50	0,40	-
2	1,20	0,60	0,50	0,40	-
3 (колесные)	1,30	0,45	0,35	0,40	-
3 и более (гусеничные)	0,55	0,60	0,90	1,00	1,9
5 и более (колесные)	1,30	0,40	0,25	0,25	-
1,4 (хлопководческие)	0,79	0,57	0,60	1,14	-
1,4 (свекловодческие)	0,79	0,57	0,60	1,14	-

Таблица 9.8

Предельные параметры вибрации в горизонтальном направлении на сиденье водителя (оператора) трактора

Наименование параметра	Значение параметра в октавной полосе со средне- геометрической частотой, Гц						
	1	2	4	8	16	31,5	63
Среднее квадратическое значение ускорения, м/с ²	0,316	0,423	0,80	1,62	3,20	6,38	12,76

- поддрессированием кабины и сиденья водителя (оператора) трактора, грузового автомобиля и автопоезда.

9.4. Акустическая комфортабельность

В кабине автомобиля и трактора распространенными помехами являются различные шумы, которые отрицательно сказываются на работоспособности водителя. Прежде всего страдает слуховая функция, но шумовые явления, обладая кумулятивными свойствами (т. е. свойствами накапливаться в организме), угнетают нервную систему, производя заметные изменения психофизиологических функций, - скорость и точность движений при этом значительно снижается. Шум вызывает отрицательные эмоции, под его влиянием у водителя появляется рассеянность, апатия, нарушение памяти.

Воздействие шума на человека может быть подразделено в зависимости от интенсивности и спектра шума на следующие группы:

- очень сильный шум с уровнями 120...140 дБ и выше независимо от спектра способен вызывать механические повреждения органов слуха и быть причиной тяжелых поражений организма;

- сильный шум с уровнями 100...120 дБ на низких частотах, выше 90 дБ на средних и выше, 75...85 дБ на высоких частотах вызывает необратимые изменения в органах слуха, а при длительном воздействии может быть причиной ряда заболеваний и в первую очередь – нервной системы;

- шум более низких уровней 60...75 дБ на средних и высоких частотах оказывает вредное воздействие на нервную систему человека, занятого работой, требующей сосредоточенного внимания, к которой относится работа водителя (оператора) автомобиля (трактора).

Санитарные нормы подразделяют шумы на три класса и устанавливают для них допустимый уровень:

1 класс – низкочастотные шумы (наибольшие составляющие в спектре расположены ниже частоты 350 Гц, выше которой уровни понижаются) с допустимым уровнем 90...100 дБ;

2 класс – среднечастотные шумы (наибольшие уровни в спектре расположены ниже частоты 800 Гц, выше которой уровни понижаются) с допустимым уровнем 85...90 дБ;

3 класс – высокочастотные шумы (наибольшие уровни в спектре расположены выше частоты 800 Гц) с допустимым уровнем 75...85 дБ.

Таким образом, шум называют низкочастотным с частотой колебаний не более 400 Гц, среднечастотным – 400...1000 Гц, высокочастотным – более 1000 Гц. При этом по частоте спектра шум классифицируют на широкополосный, включающий почти все частоты звукового давления (уровень измеряется в дБА), и узкополосный (уровень измеряется в дБ).

Хотя частота акустических звуковых колебаний находится в пределах 20...20000 Гц, ее нормирование в дБ осуществляется в октавных поло-

сах с частотой 63...8000 Гц постоянного шума. Характеристикой же непостоянного и широкополосного шума является эквивалентный по энергии и восприятию ухом человека уровень звука в дБА.

В табл. 9.9 приведены нормируемые параметры звука в кабинах тракторов в соответствии с ГОСТ 12.2.120-88 и ГОСТ 12.1.003-83.

Таблица 9.9

Нормируемые параметры звука в кабинах тракторов

Уровни звукового давления, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБА
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
95	87	82	78	75	73	71	69	80

Допустимые уровни внутреннего шума для автотранспортных средств по ГОСТ Р 51616-2000 приведены в табл. 9.10.

Таблица 9.10

Допустимые уровни внутреннего шума автотранспортных средств

Автотранспортное средство	Допустимый уровень звука, дБА
Автомобили и автобусы для перевозки пассажиров:	
Категория М ₁ (кроме вагонной или полукапотной компоновки кузова)	78
Категория М ₁ (вагонная или полукапотная компоновка кузова)	80
Категории М ₂ , М ₃ (кроме расположения двигателя впереди или рядом с местом водителя):	
на рабочем месте водителя	78
в пассажирском помещении автобусов классов II и III	80
в пассажирском помещении автобусов класса I	82
Категории М ₂ , М ₃ (с расположением двигателя впереди или рядом с местом водителя):	
на рабочем месте водителя и в пассажирском помещении	80
Автомобили для перевозки грузов:	
Категории N ₁ полной массой до 2 т	80
Категория N ₁ полной массой от 2 до 3,5 т	82
Категории N ₂ , N ₃ кроме предназначенных для международных и междугородных перевозок	82
Категории N ₂ , N ₃ , для международных и междугородных перевозок	80
Полуприцепы, предназначенные для перевозки пассажиров	80

Следует отметить, что допустимые уровни внутреннего шума в кабине или салоне установлены безотносительно к тому, имеется ли здесь один источник шума или их несколько. Очевидно, что если звуковая мощность, излучаемая одним источником, удовлетворяет предельно допустимому уровню звукового давления на рабочем месте, то при установке здесь нескольких таких источников указанный предельно допустимый уровень будет превышен из-за их сложения. В результате общий уровень шума определяется по закону энергетического суммирования.

Суммарный уровень шума от нескольких одинаковых источников (дБА)

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg n,$$

где L_1 - уровень шума одного источника, дБА; n - число источников шума.

При одновременном действии двух источников с разными уровнями звукового давления суммарный уровень шума

$$L_{\Sigma} = L_a + \Delta L,$$

где L_a - наибольший из двух суммируемых уровней шума; ΔL - добавка, зависящая от разности уровней шума источников (см. табл. 9.11).

Таблица 9.11

Величина ΔL

Разность уровней шума двух источников $L_a - L_b$ ($L_a > L_b$), дБА	0	1	2,5	4	6	10
ΔL , дБА	3	2,5	2	1,5	1	0,5

Из табл. 9.11 следует, что если уровень шума одного источника выше уровня другого на 8...10 дБА, то будет преобладать шум более интенсивного источника, так как в этом случае добавка ΔL очень мала.

Общий уровень шума различных по интенсивности источников определяется по выражению

$$L_{\Sigma} = L_1 + 10 \lg \left(1 + 10^{-0,1 \Delta L_{1,2}} + 10^{-0,1 \Delta L_{1,3}} + \dots + 10^{-0,1 \Delta L_{1,n}} \right),$$

где L_1 - наибольший уровень шума одного из источников; $\Delta L_{1,2} = L_1 - L_2$; $\Delta L_{1,3} = L_1 - L_3$; $\Delta L_{1,n} = L_1 - L_n$ ($L_2, L_3 \dots L_n$ - уровни шума соответственно 2... n источников).

Расчет уровня шума с изменением расстояния источника выполняется по формуле:

$$L_r = L_u - 20 \lg r - 8,$$

где L_u - уровень шума источника; где r - расстояние от источника шума до объекта его восприятия, м.

Общий шум движущегося автомобиля или трактора, складывается из шума, создаваемого двигателем, агрегатами, кузовом автомобиля и его составными частями, шумом вспомогательного оборудования и качения шин, а также шумом от потока воздуха.

Шум в конкретном источнике порождается определенными физическими явлениями, среди которых в автомобиле наиболее характерными являются: ударное взаимодействие тел; трение поверхностей; вынужденные колебания твердых тел; вибрация деталей и узлов; пульсация давления в пневматических и гидравлических системах.

В целом, источники шума автомобиля (трактора) можно разделить на *механические*: двигатель внутреннего сгорания (ДВС), корпусные детали, трансмиссия, подвеска, панели, шины, гусеницы, система выпуска; *гидромеханические*: гидротрансформаторы, гидромуфты, гидронасосы, гидромоторы; *электромагнитные*: генераторы, электромоторы; *аэродинамические*: впуск ДВС, выпуск ДВС, вентиляторы.

Анализ этих источников показывает, что шум имеет сложную структуру и складывается из шума отдельных источников. Наиболее интенсивными источниками шума являются: структурный шум двигателя (механический и шум процесса сгорания), шум впуска и его системы, шум выпуска и его системы, шум вентилятора системы охлаждения, шум трансмиссии, шум качения шин (шум шин), шум кузова.

Многолетними исследованиями установлено, что к основным источникам шумообразования в автомобиле (тракторе) следует отнести ДВС, элементы трансмиссии, шины, аэродинамический шум. Вторичным источником шума являются панели кузова. К второстепенным источникам относятся шумы навесных агрегатов двигателя, некоторых элементов трансмиссии, электродвигателей, отопителей, обдува стекол, хлопанье дверей и т.п.

Перечисленные источники генерируют механические и акустические колебания, разные по частоте и интенсивности. Характер спектра частот возмущений весьма сложен для анализа ввиду наложения и взаимосвязанности по частотам рабочих процессов и возмущений от элементов трансмиссии, ходовой части, аэродинамических процессов и т.д., а также, ввиду того, что многие источники являются одновременно возбудителями механических и акустических колебаний. В спектрах вибрации основных агрегатов трансмиссии и шума проявляются, главным образом, гармонические составляющие от основных источников возбуждения (двигателя и трансмиссии).

Динамическое взаимодействие частей агрегатов автомобиля (трактора) порождает колебательную энергию, которая, распространяясь от источников колебаний, создает звуковое поле автомобиля, трактора (шум автомобиля, трактора).

В соответствии с этим для решения задачи снижения интенсивности шума можно наметить следующие пути:

- снижение виброактивности агрегатов, т.е. уменьшение уровня колебательной энергии, генерируемой в источнике;
- принятие мер к снижению интенсивности колебаний на пути их распространения;
- воздействие на процесс излучения и передачи вибраций присоединенным деталям, то есть уменьшение их виброакустической активности.

Уменьшение виброактивности источника заключается в улучшении кинематических свойств систем автомобиля, трактора в выборе па-

раметров механических систем таким образом, чтобы их резонансные частоты были максимально удалены от частотного диапазона, содержащего рабочие частоты агрегатов, а также в снижении до минимума уровней колебаний в опорных точках и минимизации амплитуд вынужденных колебаний,

Снижение шума может быть достигнуто созданием малошумного процесса сгорания, улучшением виброакустических характеристик корпусных деталей, агрегатов, введением в их конструкцию демпфирования, усовершенствованием конструкции и качества изготовления подвижных деталей, повышением акустической эффективности глушителей шума впуска и выпуска и т. д.

Борьба с шумом и вибрациями при их распространении в процессе излучения, а также передачи колебательной энергии присоединенным деталям и агрегатам, может производиться “отстройкой” системы несущих элементов от резонансных состояний путем виброизоляции, вибродемпфирования и виброгашения.

Виброизоляция - выбор таких параметров механических систем, которые обеспечивают локализацию вибраций в определенной зоне автомобиля, трактора без дальнейшего её распространения.

Вибродемпфирование - использование систем, с помощью которых осуществляется активное рассеивание энергии колебаний вибрирующих поверхностей, а также применение материалов с большим декрементом затухания.

Виброгашение - применение в агрегатах, настроенных на определенную частоту и форму колебаний систем, действующих в противофазе.

Подавление шума в самом источнике его возникновения является активным способом шумоглушения и наиболее радикальным средством борьбы с шумами. Однако во многих случаях этот метод по тем или иным причинам не удастся применить или его эффективность оказывается недостаточной для снижения шума до требуемого уровня. Тогда приходится прибегать к пассивным методам защиты от шума – это вибродемпфирование поверхностей, звукопоглощение, звукоизоляция.

Под звукоизоляцией понимается снижение звука (шума), поступающего к приемнику, вследствие отражения от препятствий на пути передачи. Звукоизолирующий эффект возникает всегда при прохождении звуковой волны через границу раздела двух разных сред. Чем больше энергия отраженных волн, тем меньше энергия прошедших, и, следовательно, тем больше звукоизолирующая способность границы раздела сред. Чем больше звуковой энергии поглощается преградой, тем выше её звукопоглощающая способность.

Для определения эффективных путей снижения шума необходимо знать наиболее интенсивные источники шума, провести их разделение, а также определить необходимость и величины снижения уровней каждого из них.

Имея результаты разделения источников и их уровни, можно определить очередность по доводке автомобиля или трактора по шуму.

Шум, вызванный средними и высокочастотными колебаниями, передается в салон, в основном, по воздуху. Для уменьшения этой передачи следует особое внимание уделить герметизации салона, выявлению и устранению акустических дыр. Акустическими дырами могут быть сквозные и несквозные щели, технологические отверстия, участки с низкой звукоизоляцией, значительно ухудшающие общую звукоизоляцию конструкции.

С точки зрения особенностей передачи звуковой энергии акустическими отверстиями их следует различать на большие и малые. Большое акустическое отверстие характеризуется большим в сравнении с единицей отношением линейных размеров по площади отверстия к длине падающей на отверстие звуковой волны. Практически можно считать, что звуковые волны проходят через большое акустическое отверстие по законам геометрической акустики и прошедшая через отверстие звуковая энергия пропорциональна его площади. Для каждой категории отверстий имеется один или несколько эффективных методов их устранения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аруин А. С., Зациорский В. М. Эргономическая биомеханика. – М.: Машиностроение, 1988. – 256 с.
2. Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б., Иларионов В.А. Конструктивная безопасность автомобиля: Учебное пособие. - М.: Машиностроение, 1983. - 212 с.
3. Безопасность конструкции автомобиля /М. А. Андронов, Ф. Е. Межевич, Ю. М. Немцов, Е. С. Саввушкин. – М.: Машиностроение, 1985. - 160 с.
4. Долматовский Ю. А. Автомобиль за 100 лет. – М.: Знание, 1968. – 240 с.
5. Евграфов А. Н., Высоцкий М. С. Аэродинамика колесного транспорта. Мн.: НИРУП «Белавтотракторостроение», 2001. –368 с.
6. Евграфов А. Н. Формообразование автомобильного кузова. Учебное пособие. М.: МГИУ, 2001. –95 с.
7. Павловский Я. Автомобильные кузова. Пер. с польск. - М.: Машиностроение, 1977. - 544 с.
8. Коноплянко В. И. Информативность транспортных средств. – М.: Машиностроение, 1984. – 96 с.
9. Кравец В. Н. Проектирование автомобиля. - Н. Новгород, Нижегород. политехн. ин-т, 1992. - 230 с.
10. Кутьков Г. М. Технологические основы мобильных энергетических средств. Часть II. - М.: МГАУ им. В. П. Горячкина, 2001. – 150 с.
11. Машиностроение. Энциклопедия. Колесные и гусеничные машины. Т. IV-15/ В. Ф. Платонов, В. С. Азаев, Е. Б. Александров и др.; Под общ. ред. В. Ф. Платонова. М.: Машиностроение, 1997. - 688 с.
12. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Средства нормализации микроклимата и оздоровления воздушной среды в кабинах тракторов. Учебное пособие/ Под общ. ред. В. М. Шарипова. – М.: МГТУ «МАМИ», 2002. - 90 с.
13. Михайлов В. А., Шарипова Н. Н. Вопросы экологичности и безопасности конструкции в дипломных проектах. Учебное пособие/ Под общ. ред. В. М. Шарипова. – М.: МГТУ «МАМИ», 2002. – 58 с.
14. Михайлов М. В., Гусева С. В. Микроклимат в кабинах мобильных машин. - М.: Машиностроение, 1977. – 230 с.
15. Родионов В.Ф., Фиттерман Б.М. Проектирование легковых автомобилей. - М.: Машиностроение, 1980, 479 с.
16. Ротенберг Р. В. Основы надежности системы водитель – автомобиль – дорога – среда. - М.: Машиностроение, 1986. –216 с.
17. Сомов Ю. С. Композиция в технике. - М.: Машиностроение, 1987. – 288 с.
18. Тракторы. Проектирование, конструирование и расчет/ И. П. Ксенович, В. В. Гуськов, Н. Ф. Бочаров и др.: Под общ. ред. И. П. Ксеновича. – М.: Машиностроение, 1991. – 544 с.

19. Хакер В. Инженерная психология и психология труда. Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1985. –376 с.
20. Хохряков В.П. Вентиляция, отопление, обеспыливание воздуха в кабинах автомобилей. М.: Машиностроение, 1987.- 152 с.
21. Штробель В. Современный автомобильный кузов. Пер. с нем. – М.: Машиностроение, 1984. - 264 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие	3
Введение	4
Глава 1. Антропометрия и машина	7
1.1. Основные сведения об антропометрии	7
1.2. Посадочные манекены	25
1.3. Хиротехника	29
Глава 2. Компоновка рабочего места водителя	40
2.1. Общие сведения	40
2.2. Компоновка рабочего места водителя автомобиля и места пассажира	42
2.3. Компоновка рабочего места водителя трактора	56
Глава 3. Разработка панели приборов	66
3.1. Общая компоновка приборной панели	66
3.2. Информативность приборной панели	69
3.3. Правила проектирования шкал приборов	74
3.4. Уменьшение вероятности ошибок считывания показаний приборов	78
Глава 4. Основы художественного конструирования автомобилей и тракторов	82
4.1. Теория промышленного дизайна	82
4.2. Методы разработки форм кузовов и кабин	98
Глава 5. Аэродинамические свойства машины	119
5.1. Аэродинамические свойства колесной машины	119
5.2. Связь дизайна и аэродинамики колесной машины	125
5.3. Влияние аэродинамики на потребительские свойства колесной машины	129
Глава 6. Система «человек – машина – окружающая среда»	140
6.1. Общие сведения	140
6.2. Элементы системы «водитель – автомобиль – дорога – среда» и их взаимное влияние	142
6.3. Внешняя информативность автомобиля и трактора	150
Глава 7. Интерьер кузовов и кабин	157
7.1. Компоновка внутреннего пространства кабины и кузова	158
7.2. Сиденья	164
7.3. Отделка интерьера	171
Глава 8. Конструктивная безопасность автомобиля и трактора ...	174
8.1. Дорожно-транспортные происшествия	174
8.2. Активная и пассивная безопасности	176
8.3. Послеаварийная безопасность	191
8.4. Защитные системы	194
Глава 9. Комфортабельность автомобиля и трактора	203
9.1. Утомление водителя (оператора)	203

9.2. Климатическая комфортабельность	205
9.3. Вибрационная комфортабельность	214
9.4. Акустическая комфортабельность	221
Список литературы	227

Учебное издание

**Степанов Игорь Сергеевич,
Евграфов Анатолий Николаевич,
Карунин Анатолий Леонидович,
Ломакин Владимир Владимирович,
Шарипов Валерий Михайлович**

Автомобили и тракторы. Основы эргономики и дизайна: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности “Автомобиле- и тракторостроение” направления подготовки дипломированных специалистов «Транспортные машины и транспортно-технологические комплексы».

Лицензия ЛР № 021209 от 17.04.97 г.

Подписано в печать 4.09.02 Заказ 169

Тираж 500

Усл. п. л. 14,4 Уч.- изд. л. 15,1

Бумага типографская. Формат 60х90/16

МГТУ “МАМИ”, Москва, 105839 Б. Семеновская, 38