

Министерство образования и науки Российской Федерации

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра автомобилей и безопасности движения

Р.Х. Хасанов, И.Х. Хасанов, Е.С. Сидорин

# БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Методические указания по курсовому проектированию для студентов  
специальности  
190702 - Организация и безопасность движения (автомобильный транспорт)

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
Государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Оренбург  
ИПК ГОУ ОГУ  
2010

УДК 629 (03)  
ББК 39.3в6я2  
И 91

Рецензент – кандидат технических наук, доцент С.В. Горбачев

**Хасанов Р.Х.**

И 91      Методические указания по курсовому проектированию для студентов специальности 190702 – Организация и безопасность движения (автомобильный транспорт) / Р.Х. Хасанов, И.Х. Хасанов, Е.С. Сидорин; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2010. – 47 с.

В методических указаниях представлены общие положения и объемы учебной работы по преддипломной практике, обязанности руководителей практик и студентов, отражена тематика дипломных проектов и требования к оформлению отчетов.

Предназначены для студентов 5,6 курсов специальности 190702 – Организация и безопасность движения (автомобильный транспорт) очной и заочной форм обучения.

УДК 629 (03)  
ББК 39.3в6я2

© Хасанов Р.Х.,  
Хасанов И.Х.  
Сидорин Е.С.  
© ГОУ ОГУ, 2010

## Содержание

Введение.....	4
1 Цель и задачи выполнения курсовой работы.....	6
2 Основные требования к курсовой работе.....	6
2.1 Примерная тематика курсовых работ.....	6
2.2 Объем и содержание курсовой работы.....	7
3 Методические указания к расчету показателей безопасности транспортного средства.....	10
3.1 Активная безопасность.....	10
3.1.1 Габаритные и весовые параметры автомобиля.....	11
3.1.2 Тяговая динамичность.....	14
3.1.3 Тормозная динамичность.....	19
3.1.4 Устойчивость.....	21
3.1.5 Управляемость.....	25
3.1.6 Информативность.....	29
3.1.7 Оборудование рабочего места водителя.....	30
3.2 Пассивная безопасность.....	30
3.3 Послеаварийная безопасность.....	32
3.4 Экологическая безопасность.....	35
4 Методические указания к проектированию отдельных устройств, повышающих безопасность транспортного средства.....	38
4.1 Рулевое управление.....	38
4.2 Ремни безопасности.....	41
4.3 Защитные рамки.....	43
Список используемых источников.....	46

## Введение

Жизнь и трудовая деятельность людей неразрывно связаны с транспортом, без которого был бы невозможен технический и социальный прогресс. Вторая половина XX века характеризуется неуклонным ростом перевозок автомобильным транспортом. Автомобилизация требует решения комплекса сопутствующих ей задач, без которых не может быть обеспечен желанный эффект и положительное влияние автомобилизации на социальное развитие общества.

Из системы дорожного движения можно выделить только ее транспортную часть, т. е. комплекс взаимосвязанных факторов, которые условно делят на четыре части: автомобиль, водитель, дорога и среда. Из четырех элементов комплекса ВАДС наибольшей потенциальной опасностью обладает транспортное средство. Созданный для передвижения с большой скоростью автомобиль именно в силу своей подвижности, возможности быстро изменять положение на дороге и относительно других объектов, как движущихся, так и неподвижных, представляет собой источник повышенной опасности.

Причиной дорожно-транспортного происшествия часто является несоответствие одного из элементов системы водитель–автомобиль–дорога остальным элементам. Многие происшествия возникают вследствие того, что требования дорожной обстановки выше возможностей человеческого организма или конструкции транспортного средства. Органы чувств человека надежно работают лишь в сравнительно узких диапазонах нагрузок. Величины нагрузок, действующих на водителя в сложной дорожной обстановке, часто выходят за пределы этих диапазонов, что осложняет работу водителя и создает предпосылки для опасных ситуаций. Воздействие на водителя дополнительных нагрузок, вызванных недостатками конструкции автомобиля или его неудовлетворительным техническим

состоянием, может резко ухудшить качество вождения, а в особенно неблагоприятных случаях привести к аварии. Напротив, удачная конструкция автомобиля, компенсирующая психофизиологические недостатки человека, может способствовать повышению безопасности дорожного движения.

Для повышения безопасности движения необходимо одновременное совершенствование и развитие конструкций автомобилей, которое может вестись в нескольких направлениях:

- дублирование наиболее важных в отношении безопасности движения систем и узлов;
- повышение эффективности их действия (прежде всего совершенствование тормозных систем и систем управления);
- улучшение условий управления автомобилем (в том числе – оснащение автомобилей современными средствами информации);
- изменение конструкции травмоопасных элементов кабины и салона автотранспортных средств (т.е. улучшение пассивной безопасности) и др.

Курсовая работа включает в себя расчет показателей безопасности транспортного средства по всем ее видам, а также выполнение простых проектно-конструкционных разработок одного из устройств, повышающих безопасность транспортного средства: ремней, подушек безопасности, защитных рамок, безопасных бамперов, рулевых валов, штурвалов и т.п.

## **1 Цель и задачи выполнения курсовой работы**

Курсовая работа имеет своей целью закрепление знаний по дисциплине «Безопасность транспортных средств», полученных на лекциях и практических занятиях. В процессе работы над курсовой работой студент должен практически применить знания по техническому черчению в соответствии с ЕСКД, по методикам составления расчетных схем, по выполнению расчетов и выбору основных машиностроительных материалов; практически освоить основы проектирования, конструирования и компоновки узлов автомобиля, повышающих безопасность.

## **2 Основные требования к курсовой работе**

Приступая к выполнению курсовой работы, студент, прежде всего, должен ознакомиться со всеми факторами, влияющими на активную, пассивную, послеаварийную и экологическую безопасность транспортного средства, с общими характеристиками существующих устройств, аналогичных проектируемому, проанализировать их параметры и конструкцию.

### **2.1 Примерная тематика курсовых работ**

Тема курсовой работы включает:

- а) расчет показателей безопасности транспортного средства по всем ее видам для модели автомобиля, выпускаемой в РФ (в виде исключения допускается для курсовой работы брать модель иностранного производства). В основном, студентам предлагаются модели легковых и грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности, в отдельных случаях – автобусов и грузовых автомобилей большой грузоподъемности;
- б) выполнение проектно-конструкционных разработок одного из устройств, повышающих безопасность транспортного средства:

- *активную*: тормозной системы, системы управления, световозвращателей, приборов автономного освещения автомобиля, приборов внешней световой сигнализации, панели приборов, устройств, улучшающих обзорность автомобиля, устройств, уменьшающих шум и (или) вибрации на рабочем месте водителя и т.п.;
- *пассивную*: элементов рамы или кузова автомобиля, дуг безопасности, безопасных бамперов, защитных рамок, травмобезопасных рычагов и кнопок, ремней, подушек безопасности, предохранительных сеток, рулевых валов, рулевых колонок, штурвалов, дверных замков, и т.п.;
- *послеаварийную*: топливных баков, автоматических огнетушителей, устройств, превращающих бензин путем впрыскивания в трудносгораемое вещество, устройств, облегчающих эвакуацию людей из салона автомобиля и т.п.;
- *экологическую*: устройств, уменьшающих токсичность отработавших газов или шум автомобиля.

## 2.2 Объем и содержание курсовой работы

После получения задания студент знакомится с необходимыми литературными источниками. Обязательно ознакомление с техническими характеристиками транспортного средства.

Тщательно прорабатываются разделы, непосредственно связанные с вопросами проектирования по заданной теме. Здесь могут использоваться заводские чертежи и записи.

Курсовая работа включает следующие материалы:

- 1) **пояснительная записка.** Пояснительная записка к курсовой работе должна содержать следующие разделы:

- задание на курсовую работу. Выдается руководителем работы в начале семестра;
- аннотация. Содержит основные сведения о проделанной работе с указанием количества страниц, рисунков, таблиц; указывается количество листов графической части с наименованием чертежа общего вида; аннотация пишется на отдельном листе;
- оглавление. Перечисляются все заголовки, приведенные в записке, и указываются номера страниц, на которых они помещены. Оглавление пишется с новой страницы;
- расчетная часть. Расчет или определение путем сравнения с аналогичными конструкциями показателей безопасности транспортного средства по всем ее видам (активной, пассивной, послеаварийной и экологической) для марки автомобиля, указанной в задании на проектирование;
- технико-экономическое обоснование проектируемого устройства, повышающего безопасность транспортного средства; установление принципиальной компоновочной схемы и выбор основных параметров конструкции;
- конструкторская часть. Дать короткое описание назначения, работы конструкции, отразить усовершенствования и изменения, внесенные в неё по сравнению с прототипом; рассчитать основные элементы и узлы с необходимыми схемами и эскизами. Нужно стремиться использовать последние достижения отечественной и зарубежной техники;
- заключение. Отражает итоги работы по расчету параметров безопасности и конструированию устройства;
- список использованных источников. В тексте на все использованные источники должны быть ссылки;
- приложение.



Нумерация страниц, рисунков, схем и таблиц должна быть сквозной.

Все расчетные формулы пишутся в общем виде, т.е. с буквенными обозначениями, а затем проставляются вместо букв соответствующие цифровые величины. Расчет ведется с точностью до трех знаков.

Пояснительная записка КР печатается на принтере (допускается писать от руки) на одной стороне листа белой бумаги формата А4. Объем записки: 15 – 20 страниц;

2) **чертеж общего вида.** Студент должен выбрать тип или конкретный прототип устройства и продумать, что нового он должен внести в конструкцию; выполнить от руки эскизы, схемы, произвести предварительные расчеты.

Затем студент может приступать к выполнению чертежа общего вида проектируемого устройства, повышающего безопасность транспортного средства, и к общим принципиальным расчетам. Как правило, черчение общего вида завершается и оформляется после уточнения и внесения в них итогов расчетно-графических работ, которые проводятся над отдельными узлами.

Общий вид устройства должен представлять компоновочный чертеж, выполненный строго в масштабе в  $2^x - 3^x$  проекциях. В случае необходимости должны быть выполнены дополнительные разрезы и сечения. Вычерчивание узлов без конструктивных разрезов не допускается.

Размеры ставятся: габаритные, установочные, определяющие взаимное расположение частей оборудования; показывающие рабочие и транспортные положения устройства (например, размеры подушки безопасности в сложенном и в наполненном положениях). На чертеже общего вида оборудования могут быть помещены: техническая характеристика, особенности эксплуатации, защитные покрытия.

Чертеж общего вида конструкции должен быть выполнен в карандаше в соответствующем масштабе на формате А1. Количество чертежей – 1.

Спецификация – подетальная; её следует составлять в полном объеме по форме согласно ГОСТ 2.106-96; допускается укрупнение спецификации объединением узлов в более крупные узлы, а детали – в узел по технологическому принципу изготовления изделия. Спецификация пишется на специальных бланках и вкладывается в пояснительную записку в качестве приложения.

### **3 Методические указания к расчету показателей безопасности транспортного средства**

#### **3.1 Активная безопасность**

Для количественной характеристики активной безопасности применяют как широко распространенные показатели: минимальный тормозной путь, максимальное замедление, критические скорости по условиям заноса и опрокидывания и т.п.; так и новые показатели, специфические только для данного аспекта безопасности.

**На активную безопасность автомобиля влияют следующие факторы:**

- *компоновочные параметры автомобиля (габаритные и весовые);*
- *тяговая динамичность;*
- *тормозная динамичность;*
- *устойчивость;*
- *управляемость;*
- *информативность;*
- *оборудование рабочего места водителя, его соответствие требованиям эргономики.*

### 3.1.1 Габаритные и весовые параметры автомобиля

К габаритным параметрам автомобиля относятся длина  $L_a$ , ширина  $B_a$ , высота  $H_a$  и база  $L$ , т. е. расстояние между передней и задней осями, к весовым – полный вес автомобиля  $G_a$ , вес, приходящийся соответственно на передний  $G_1$  и задний  $G_2$  мосты.

При движении автомобиль подвергается воздействию различных случайных возмущений, стремящихся изменить характер движения. Вследствие этого даже на строго прямолинейных участках дороги автомобиль движется не прямолинейно, а по кривым больших радиусов. При этом значительную часть времени он находится под углом к оси дороги, и размер полосы, потребной для его движения, – динамический коридор, превышает его габаритную ширину. **Ширина динамического коридора** зависит от размеров автомобиля и его скорости (рисунок 1).

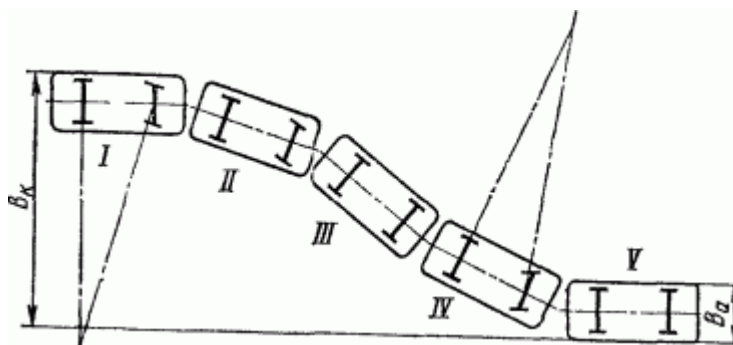


Рисунок 1 – Динамический коридор на прямолинейном участке дороги

Эмпирическая зависимость между габаритной шириной автомобиля  $B_a$ , скоростью его движения  $v$  и шириной динамического коридора  $B_k$  имеет следующий вид:

$$B_k = 0,054 v + B_a + 0,3, \quad (1)$$

где  $v$  – в м/с;

$B_a$  – в м.

Ширина динамического коридора, необходимая для безопасного движения автомобилей с высокими скоростями, иногда значительно превышает ширину полосы движения, установленную Строительными нормами и правилами (СНиП). СНиП предусматривают для дорог с интенсивностью движения свыше 3000 автомобилей в сутки ширину полосы движения 3,75 м, а для дорог с меньшей интенсивностью 3,0 – 3,5 м. Эти размеры не всегда обеспечивают безопасный разъезд автомобилей, поэтому водитель, чтобы избежать столкновения, вынужден снижать скорость.

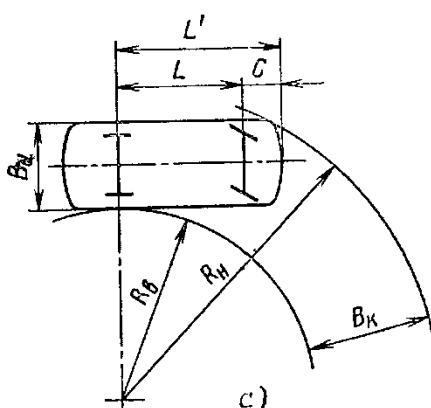


Рисунок 2 – Динамический коридор на криволинейном участке дороги

Более заметно влияние геометрических параметров автомобиля на безопасность **при криволинейном движении**. Хотя при крутых поворотах скорости автомобиля обычно невелики и случайные возмущения незначительны, **ширина динамического коридора** может быть достаточно большой. Ее можно определить по формуле (2), (рисунок 2):

$$B_k = R_n - R_v = R_n - \sqrt{R_n^2 - (L')^2} + B_a, \quad (2)$$

где  $R_n$  и  $R_v$  – соответственно наружный и внутренний габаритные радиусы поворота автомобиля;

$L' = L + C$  – расстояние от заднего моста до передней части автомобиля ( $L$  – база автомобиля;  $C$  – передний свес).

Согласно выражению (2) при  $L' \approx R_n$  величина  $B_k$  может значительно превышать  $B_a$ , что вынуждает строителей расширять полосы движения на криволинейных участках дорог. В таблице 1 приведены геометрические и весовые параметры некоторых отечественных автомобилей.

Таблица 1 – Геометрические и весовые параметры отечественных автомобилей

Автомобиль	Геометрические параметры, м						Весовые параметры, кН		
	$L_a$	$B_a$	$H_a$	$L$	$L'$	$R_n$	$G_a$	$G_1$	$G_2$
ВАЗ–2103	4,12	1,61	1,45	2,42	3,05	5,9	14,3	6,6	7,7
Москвич–2140	4,25	1,55	1,48	2,40	3,14	5,70	14,8	6,8	8,0
РАФ–2203	4,90	1,82	2,14	2,70	3,70	6,60	26,3	12,4	13,9
УАЗ–451	4,46	2,04	2,07	2,30	3,30	6,80	26,6	11,2	15,4
КамАЗ–5320	7,40	2,50	3,37	3,85	5,12	9,30	153,0	43,7	109,3

**Габаритная высота  $H_a$**  имеет значение при проезде автомобилей под путепроводами и проводами контактной сети. Чрезмерно высокие транспортные средства (например, двухэтажные троллейбусы или автобусы, полуприцепы–панелевозы или автомобили–фургоны) с высоко расположенным центром тяжести испытывают значительные угловые колебания в поперечной плоскости. При движении по неровной дороге они могут верхним углом задеть за столб или мачту.

**Масса транспортного средства для безопасности движения имеет, в основном, косвенное значение.** Чем больше масса автомобиля, тем труднее им управлять. Тяжелый автомобиль медленно разгоняется и останавливается. На нем трудно выполнить сложный маневр. Чем больше масса транспортного средства, тем больше динамические нагрузки на дорогу, тем меньше срок службы покрытия. Поэтому, несмотря на очевидные преимущества применения подвижного состава большой массы, во всех странах строго

соблюдают ограничение осевых нагрузок и полных масс транспортных средств. В РФ все автомобили разделены на три группы:

- 1) *группа А* – автомобили и автопоезда дорожного типа для дорог с усовершенствованным капитальным покрытием, имеющие осевые нагрузки до 10 тонн от одиночной оси и полную массу автомобиля до 30 тонн, автопоезда до 38 тонн (т.е. могут эксплуатироваться по дорогам общего пользования 1, 2, 3 категорий, а при специальном усилении дорожной одежды по дорогам 4 категории);
- 2) *группа В* – автомобили и автопоезда дорожного типа, для всей сети дорог общего пользования и имеющие осевые нагрузки до 6 тонн от одиночной оси и полную массу одиночного автомобиля до 22 тонн, автопоезда до 34 тонн (могут эксплуатироваться по всем дорогам общего пользования);
- 3) *внедорожные* – это автомобили, не допускаемые к эксплуатации по дорогам общего пользования и имеющие нагрузку от одиночной оси > 10 тонн.

### 3.1.2 Тяговая динамичность

**Для безопасности движения имеют значение следующие показатели тяговой динамичности:** максимальная скорость  $v_{\max}$ , и ускорение  $j_{\max}$ , а также минимальные время  $t_p$  и путь  $S_p$  разгона на горизонтальной дороге с твердым покрытием хорошего качества.

**Максимальная скорость автомобиля** является показателем его предельных возможностей. Для ее расчета воспользуемся известным из теории автомобиля уравнением движения разгоняющегося на подъеме автомобиля:

$$P_m - P_u - P_d - P_g = 0, \quad (3)$$

где  $P_T$  – сила тяги на ведущих колесах автомобиля;

$P_{и}$  – приведенная сила инерции автомобиля;

$P_d = P_k + P_n$  – сила сопротивления дороги

( $P_k$  – сила сопротивления качению;  $P_n$  – сила сопротивления подъему);

$P_v$  – сила сопротивления воздуха.

В конечном итоге максимальная скорость  $v_{\max}$ , м/с, на высшей передаче определяется по следующей формуле:

$$v_{\max} = \left( B_c + \sqrt{B_c^2 + 4A_c C_c} \right) / (2 A_c) . \quad (4)$$

где  $A_c = \frac{N_{e \max} \eta_{\text{тр}}}{v_N^3} c_m + \frac{G f_0}{a_k} + K_{\sigma} F_{\sigma}$  ;

$$B_c = \frac{N_{e \max} \eta_{\text{тр}} b_m}{v_N^2} ;$$

$$C_c = \frac{N_{e \max} \eta_{\text{тр}}}{v_N} a_m - G (f_0 + \sin \alpha_d) ,$$

где  $N_{e \max}$  – максимальная мощность двигателя;

$a_m$ ,  $b_m$  и  $c_m$  – эмпирические коэффициенты (для четырехтактных карбюраторных двигателей  $a_m = b_m = c_m = 1$ ; для двухтактных дизелей  $a_m = 0,87$ ,  $b_m = 1,13$ ,  $c_m = 1$ ; для четырехтактных дизелей  $a_m = 0,53$ ,  $b_m = 1,56$ ,  $c_m = 1,09$ );

$v_N$  – скорость автомобиля, соответствующая максимальной мощности двигателя, м/с, определяемая следующим выражением:

$$v_N = \omega_N r / u_{\text{тр}} , \quad (5)$$

где  $\omega_N$  – угловая скорость коленчатого вала при  $N_{e \max}$ , рад/с (1 об/мин = 0,1047 рад/с);

$r$  – радиус (динамический) ведущих колес;

$u_{\text{тр}}$  – передаточное число трансмиссии;

$\eta_{\text{тр}}$  – КПД трансмиссии;

при работе трансмиссии с полной нагрузкой он имеет следующие значения:

Легковые автомобили.....0,90 – 0,92

Грузовые автомобили и автобусы.....0,82 – 0,85

Грузовые автомобили повышенной проходимости.....0,80 – 0,85

$G$  – вес автомобиля, Н;

$f_0$  – коэффициент сопротивления качению при малых скоростях движения; на дорогах с асфальто– и цементобетонным покрытием, с гладкой, ровной поверхностью в сухом состоянии  $f_0$  имеет следующие значения для различных типов шин:

диагональная шина с  $H/B = 0,95$ .....0,018

диагональная шина с  $H/B = 0,88$ .....0,017

диагональная шина с  $H/B = 0,82$ .....0,016

радиальная шина с  $H/B = 0,82$ .....0,0135 – 0,014

радиальная шина с  $H/B \leq 0,70$ .....0,013

$a_k$  – эмпирический коэффициент, зависящий от типа шин и равный 4000 – 5000 (большие значения для шин с меньшим  $H / B$ );

$\alpha_d$  – угол продольного уклона дороги (в курсовой работе принимается равным  $0^\circ$ );

$K_s$  – коэффициент сопротивления воздуха (коэффициент обтекаемости, зависящий от формы и качества отделки поверхности автомобиля),  $\text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$ ;

$F_b$  – лобовая площадь автомобиля,  $\text{м}^2$ .

Таблица 2 – Средние значения  $K_s$  и  $F_b$

Автомобили	$K_s, \text{Н} \cdot \text{с}^2 / \text{м}^4$	$F_b, \text{м}^2$
Гоночные и спортивные автомобили с обтекаемой формой кузова	0,13 – 0,17	1,2 – 1,5
Современный легковой автомобиль с закрытым кузовом	0,18 – 0,30	малого класса – 1,5 – 2,0
		среднего и большого класса – 2,0 – 2,8



Продолжение таблицы 2

Легковой автомобиль с необтекаемой формой кузова	0,35 – 0,55	малого класса – 1,5 – 2,0
		среднего и большего класса – 2,0 – 2,8
Автобусы	0,25 – 0,60	3,0 – 7,5
Грузовые автомобили	0,50 – 0,75	3,0 – 6,5

Максимальное ускорение  $j_{\max}$ , м/с<sup>2</sup>, определяется на каждой передаче по формуле:

$$j_{\max} = \left( \frac{B_c^2}{4A_c} + C_c \right) / D_c \quad (6)$$

где  $D_c = M\delta_{\text{вр}}$ ;

$M$  – масса автомобиля с данной нагрузкой, кг;

$\delta_{\text{вр}}$  – коэффициент учета вращающихся масс; определяется по формуле:

$$\delta_{\text{вр}} = 1 + (\delta' + \delta'' u_k^2) M_a / M, \quad (7)$$

где  $\delta' \approx \delta'' \approx 0,03 - 0,05$ ;

$u_k$  – передаточное число коробки передач;

$M_a$  – масса автомобиля с полной нагрузкой, кг.

Как автомобиль будет разгоняться, преодолевать участки тяжелой дороги или брать подъемы оценивают по величинам максимальных тяговых сил на ведущих колесах (при полном газе) на различных скоростях, если вычесть из них потери на сопротивление воздуха. Если машины разного веса, необходимо поделить “избыточную” тяговую силу на вес автомобиля – получим объективную оценку его динамических возможностей, его тяговооруженность. В автомобильной технике эту величину принято называть динамическим фактором. Это наиболее универсальный инструмент сравнения различных транспортных средств.

В курсовой работе студенты должны вычислить динамический фактор для одного из значений скоростей на каждой передаче автомобиля. Для справки на рисунке 3 показаны динамические возможности ВАЗ–21093.

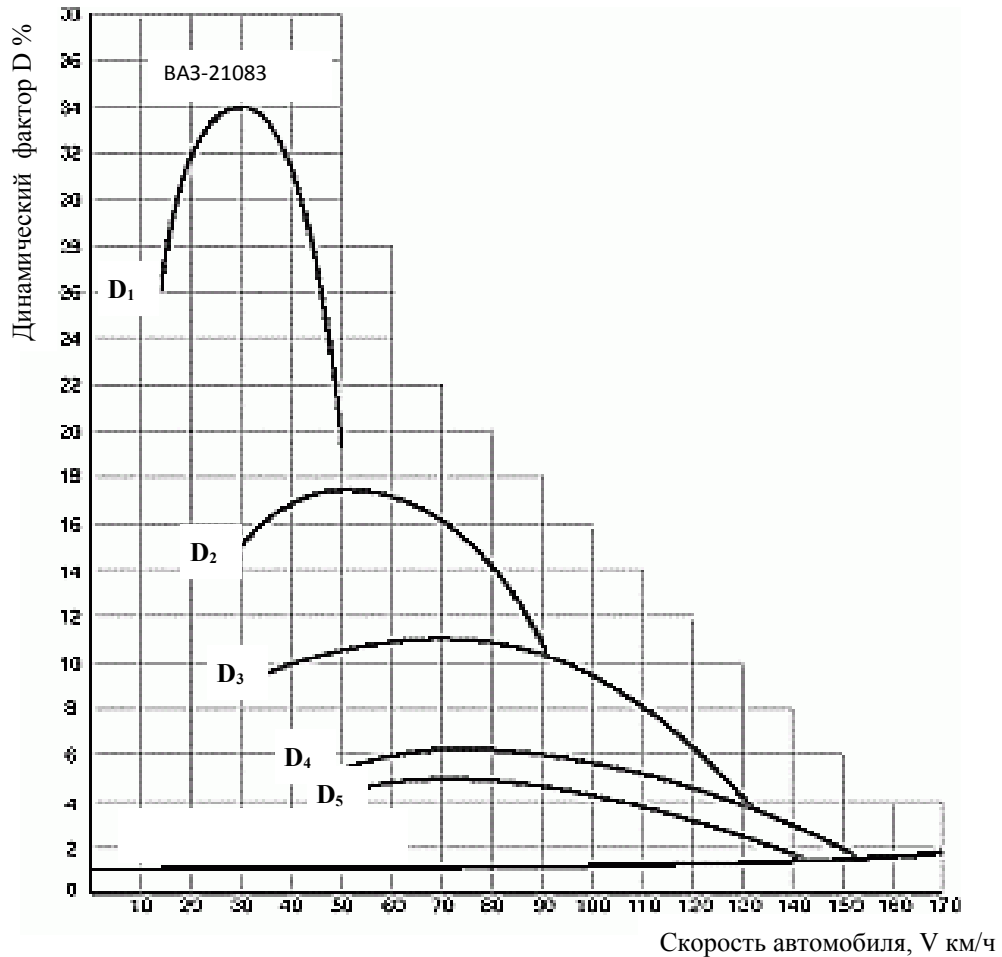


Рисунок 3 – Динамические возможности ВАЗ-21093

Динамический фактор  $D$ , определяется по формуле:

$$D = (P_m - P_g) / G \cdot 100 \quad (8)$$

$$\text{где } P_m = \frac{N_{e \max} \eta_{\text{тр}}}{v_N} \left[ a_m + b_m \frac{v}{v_N} - c_m \left( \frac{v}{v_N} \right)^2 \right],$$

$$P_g = K_g F_g v^2.$$

Определив максимальные скорость и ускорение автомобиля, а также динамический фактор, студенту необходимо указать возможные пути повышения тяговой динамичности автомобиля.

### 3.1.3 Тормозная динамичность

**Оценочными показателями тормозной динамичности автомобиля служат** среднее замедление за период полного торможения и путь автомобиля от начала воздействия водителя на орган управления до остановки:

$$T = t_c + t_n + t_{уст}, \quad (9)$$

где  $t_c$  – время запаздывания тормозной системы;

$t_n$  – время нарастания замедления;

$t_{уст}$  – интервал времени, в котором замедление постоянно.

**В курсовой работе студенты должны рассчитать минимально возможный тормозной путь** (на горизонтальной дороге с асфальто– или цементобетонным покрытием, с полностью исправной тормозной системой, при 90% – ной глубине рисунка протектора шин), если начальная скорость автомобиля  $v_0$  составляет 60 км/ч.

Время  $t_p$  – время реакции водителя – обычно находится в пределах 0,3 – 2,5 с. Оно зависит от квалификации водителя, его возраста, степени утомления и других факторов.

Время  $t_c$  (время запаздывания тормозной системы) необходимо для устранения зазоров в соединениях тормозного привода и перемещения всех его деталей. Это время, зависящее от конструкции и технического состояния тормозного привода, колеблется в среднем от 0,2 – 0,3 с (гидравлический привод) до 0,6 – 0,8 с (пневматический привод). У автопоездов с пневматическим приводом тормозных механизмов оно может достигать 2 – 3

с. В течение времени  $(t_p + t_c)$  автомобиль продолжает двигаться равномерно с начальной скоростью  $v_0$ . В конце этого периода возникают тормозные силы, вызывающие замедление движения.

Продолжительность периода  $t_n$ , с находим из выражения:

$$t_n = \frac{G \varphi_x (b + h_{ц} \varphi_x)}{K_1 L}, \quad (10)$$

где  $b$  и  $h_{ц}$  – расстояния соответственно от центра тяжести автомобиля до заднего моста и до поверхности дороги, м;

$G$  – вес автомобиля, Н;

$\varphi_x$  – коэффициент сцепления; для сухого асфальто- и цементобетонного покрытия он составляет 0,7 – 0,8;

$L$  – база автомобиля;

$K_1$  – скорость нарастания тормозных сил; для тормозных систем с гидроприводом она равна 15 – 30 кН/с, с пневмоприводом 25 – 100 кН/с.

В заключительном периоде торможения, когда колеса обоих мостов заблокированы, установившееся замедление

$$j_{уст} = g \varphi_x. \quad (11)$$

где  $g$  – ускорение свободного падения.

Если известны  $t_c$ ,  $t_n$  и  $j_{уст}$ , то тормозной путь можно рассчитать следующим образом. Предположим, что в течение времени  $t_n$  автомобиль движется равнозамедленно с замедлением, равным  $0,5j_{уст}$ . При полном использовании сцепления всеми колесами автомобиля замедление определяют по формуле (11), тогда полный тормозной путь:

$$S_m = v_0(t_c + 0,5t_n) + v_0^2 / (2j_{уст}). \quad (12)$$

Остановочный путь автомобиля:

$$S_o = (t_p + t_c + 0,5 t_n) v_0 + v_0^2 / (2j_{ycm}) . \quad (13)$$

Если у автомобиля блокируются только колеса заднего моста и мощность тормозных механизмов недостаточна для доведения передних колес до юза, то справедливы выражения (12), (13), однако время  $t_n$  следует определять по формуле:

$$t_n = R_{x1max} / K_1 , \quad (14)$$

где  $R_{x1max}$  – максимальная касательная реакция на колесах переднего моста, находится из справочных данных для конкретной модели автотранспортного средства.

Установившееся замедление в этом случае определяется не по формуле (11), а выражением:

$$j_{ycm} = \frac{Ga \square_x + R_{x1max} h_y}{(L + h_y \square_x) M} , \quad (15)$$

где  $a$  – расстояние соответственно от центра тяжести автомобиля до переднего моста.

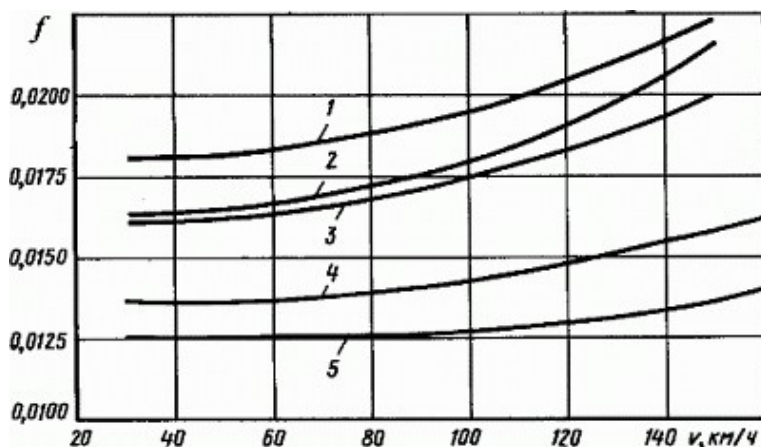
### 3.1.4 Устойчивость

**Оценочными показателями устойчивости, определяемыми в данной курсовой работе, являются:** скорость  $v_{бук}$ , максимально допустимая при прямолинейном движении автомобиля без пробуксовки ведущих колес; максимально возможная (критическая) скорость  $v_{опр}$ , с которой можно вести автомобиль без угрозы опрокидывания; максимально допустимый (критический) угол  $\beta_{опр}$  косогора, по которому автомобиль может двигаться без опрокидывания; максимальный угол подъема  $\alpha_{бук}$ , при котором возможно равномерное движение автомобиля без буксования ведущих колес.

Скорость  $v_{\text{бук}}$ , м/с, максимально допустимая при прямолинейном движении автомобиля по горизонтальной дороге без пробуксовки ведущих колес, определяется на каждой передаче (с учетом найденного ранее по формуле (6) максимального ускорения  $j_{\text{max}}$ ):

$$v_{\text{бук}} = \sqrt{\frac{G}{K_{\epsilon} F_{\epsilon}} \left( \frac{a_x}{L - h_{\text{ц}}} - f - \frac{\delta_{\text{вп}}}{g} j_{\text{max}} \right)}; \quad (16)$$

где  $f$  – коэффициент сопротивления качению, определяемый по рисунку 4



1 – диагональная шина с  $H/B = 0,95$ ; 2 – диагональная шина с  $H/B = 0,88$ ; 3 – диагональная шина с  $H/B = 0,82$ ; 4 – радиальная шина с  $H/B = 0,82$  с поясом из текстильного корда; 5 – радиальная шина с  $H/B = 0,82$  с поясом из стального корда.

Рисунок 4 – Коэффициент сопротивления качению шин на гладкой ровной дороге при нормальном давлении воздуха

Скорость  $v_{\text{бук}}$  уменьшается при уменьшении коэффициента сцепления, росте сопротивления дороги, а также при увеличении ускорения. Поэтому потеря курсовой устойчивости автомобилем наиболее вероятна на участках дороги со скользким неровным покрытием (укатанный снег, обледенелый

асфальтобетон, булыжник) и подъемами. Если при прохождении подъема "с ходу" встретится участок, покрытый снежной или ледяной коркой, то даже небольшая поперечная сила может вызвать боковое скольжение заднего моста.

Поперечную устойчивость при криволинейном движении характеризует максимально возможная (критическая) скорость  $v_{опр}$ , с которой можно вести автомобиль без угрозы опрокидывания по горизонтальному участку.

Рассмотрим схему движения автомобиля на повороте (рисунок 5). Примем для простоты, что автомобиль является плоской фигурой, а увод и скольжение колес отсутствуют. Мгновенный центр  $O$  скоростей (центр поворота) автомобиля располагается в точке пересечения перпендикуляров к векторам скоростей средних точек мостов. При отсутствии увода и скольжения колес вектор скорости середины заднего моста параллелен плоскостям задних колес, поэтому точка  $O$  находится на продолжении оси заднего моста.

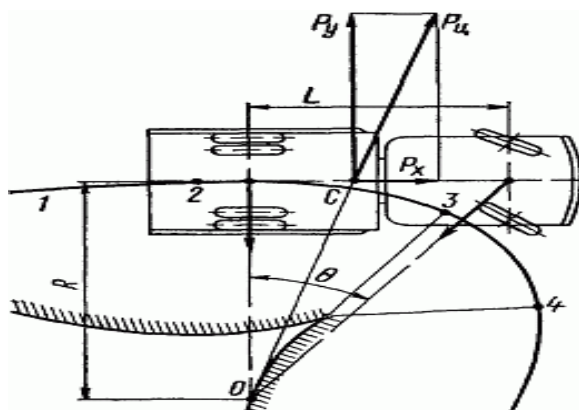


Рисунок 5 – Схема поворота автомобиля

Скорость  $v_{опр}$ , м/с, определяем по формуле:

$$v_{опр} = \sqrt{BgR / (2h_u)}, \quad (17)$$

где  $\theta$  – угол поворота управляемых колес (в курсовой работе

принимается менее 0,349 рад);

$R$  – расстояние от точки  $O$  до середины заднего моста; при  $\theta \leq 0,349$  рад ( $20^\circ$ ):

$$R = L / \operatorname{tg} \theta \approx L / \theta. \quad (18)$$

Определим величину максимально допустимого (критического) угла косогора, по которому автомобиль может двигаться без опрокидывания по прямолинейному участку ( $R = \infty$ ):

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{опр}} = B / (2h_{\text{ц}}). \quad (19)$$

Устойчивость автомобиля против опрокидывания возрастает с увеличением колеи  $B$  автомобиля и радиуса  $R$ , а также при снижении центра тяжести и уменьшении угла косогора. Отношение  $B / (2h_{\text{ц}})$  называют *коэффициентом поперечной устойчивости*  $\eta_{\text{поп}}$ .

Продольную устойчивость характеризует максимальный угол подъема  $\alpha_{\text{бук}}$ , по которому автомобиль может двигаться без буксования. Выражение для определения  $\alpha_{\text{бук}}$ , град, при котором возможно равномерное движение автопоезда без буксования ведущих колес тягача, имеет вид:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бук}} = \frac{Ga_{\text{ц}x}}{G(L - h_{\text{ц}x}) + G_{\text{пр}}(L - h_{\text{пр}x})}, \quad (20)$$

где  $G_{\text{пр}}$  – вес прицепа, Н;

$h_{\text{пр}}$  – высота сцепного устройства, м.

Чем меньше величина  $\varphi_x$  и чем больше масса прицепа по сравнению с массой тягача, тем меньше  $\alpha_{\text{бук}}$ . Так, на дорогах с обледенелым покрытием буксование может наступить при  $\alpha_{\text{бук}} = 2 - 3^\circ$ , т. е. на относительно пологих подъемах.

Для одиночного автомобиля (типа 2x1)  $G_{\text{пр}} = 0$ :



$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бук}} = \frac{a_x}{L - h_{\text{ц}x}} ; \quad (21)$$

Для автомобиля со всеми ведущими мостами:

$$\operatorname{tg} \alpha_{\text{бук}} = \varphi_x. \quad (22)$$

Такие автомобили могут преодолевать без потери продольной устойчивости весьма крутые подъемы даже при мокром и скользком покрытии.

### 3.1.5 Управляемость

*Управляемостью* называют способность автомобиля устойчиво сохранять заданное направление движения и вместе с тем быстро изменять его при воздействии водителя на рулевое управление.

**В курсовой работе студенты должны по имеющимся данным о конструкции транспортного средства сделать выводы о его поворачиваемости и управляемости.**

*Поворачиваемостью* называют свойство автомобиля изменять направление движения без поворота управляемых колес. Есть две основных причины поворачиваемости: увод колес, вызываемый поперечной эластичностью шин, и поперечный крен кузова, связанный с эластичностью подвески. **Соответственно различают шинную и креновую поворачиваемость автомобиля.**

При наличии увода автомобиль может двигаться криволинейно, даже если угол поворота управляемых колес равен 0. Кривизна траектории зависит от соотношения  $\delta_1$  и  $\delta_2$  (углы увода переднего и заднего мостов).

Если  $\delta_1 = \delta_2$ , то шинную поворачиваемость автомобиля называют

*нейтральной*. Хотя при этом траектория движения автомобиля с жесткими шинами не совпадает с траекторией движения автомобиля, имеющего нейтральную поворачиваемость, так как центры поворота в этих случаях занимают различные положения.

Если  $\delta_1 > \delta_2$ , то для движения автомобиля с эластичными шинами по кривой управляемые колеса нужно повернуть на больший угол, чем при жестких шинах. В этом случае шинную поворачиваемость автомобиля называют *недостаточной*. Автомобиль с недостаточной шинной поворачиваемостью устойчиво сохраняет прямолинейное направление движения.

Если угол  $\delta_1 < \delta_2$ , то для движения автомобиля с эластичными шинами по кривой управляемые колеса нужно повернуть на меньший угол, чем при жестких шинах. В этом случае шинную поворачиваемость автомобиля называют *излишней*. Автомобиль с недостаточной поворачиваемостью более устойчив и лучше сохраняет направление движения, чем автомобиль с излишней поворачиваемостью.

**Креновая поворачиваемость автомобиля связана с конструкцией его подвески.** Рассмотрим задний мост с рессорной подвеской автомобиля, который совершает правый поворот. Передние концы рессор соединены с кузовом простым шарниром, а задние – с помощью серьги. При прогибах рессоры задний мост перемещается по дуге, причем ось его качания расположена около шарнира. Под действием поперечной силы кузов автомобиля наклоняется, вызывая сжатие левых рессор и распрямление правых. Левая рессора, сжимаясь, перемещает задний мост назад, а правая, распрямляясь, перемещает его вперед. В результате задний мост поворачивается в горизонтальной плоскости.

Если углы поворота переднего и заднего мостов не одинаковы по величине или направлению, то автомобиль вследствие крена поворачивается, хотя передние колеса остаются в нейтральном положении. Так, при действии

одной и той же возмущающей силы  $P_y$  автомобиль  $A$  (рисунок 6) повернется вправо, а автомобиль  $B$  – влево. Возникающая при повороте центробежная сила  $P_u$  у автомобиля  $A$  направлена в противоположную сторону по сравнению с возмущающей силой  $P_y$ , а у автомобиля  $B$  в ту же сторону. Поэтому автомобиль  $A$  лучше сохраняет направление движения под действием поперечных возмущающих сил. По аналогии с шинной поворачиваемостью можно сказать, что автомобиль  $A$  имеет недостаточную, а автомобиль  $B$  излишнюю креновую поворачиваемость.

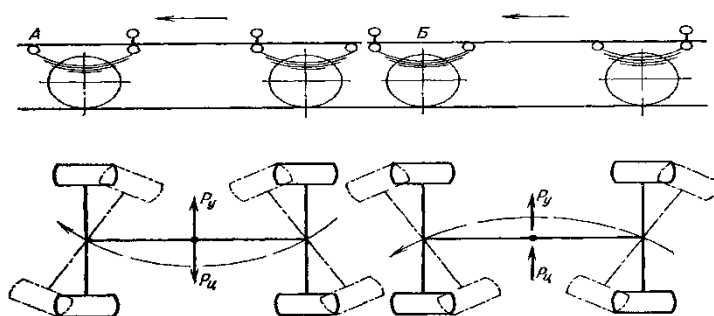


Рисунок 6 – Схемы движения автомобилей с зависимой рессорной подвеской, имеющих различную креновую поворачиваемость

**Креновая поворачиваемость автомобиля тесно связана с шинной поворачиваемостью, так как увод колеса возникает не только под действием сил и моментов, но и при наклоне колеса к вертикали (развале).** Если направление поперечной силы совпадает с направлением развала колеса, то увод возрастает. Развал колеса, равный  $1^\circ$ , вызывает увод на угол  $10 - 20'$ . У автомобилей с независимой подвеской колес на поперечных рычагах крен кузова вызывает изменение развала колеса. При двухрычажной подвеске (рисунок 7, а) колеса наклоняются в сторону крена кузова в направлении действия поперечной силы  $P_y$ , что увеличивает угол увода моста. При однорычажной подвеске (рисунок 7, б) колеса наклоняются в сторону, противоположную крену кузова, навстречу поперечной силе. В этом случае угол увода моста уменьшается. Таким образом, в зависимости от

конструкции подвески, креновая поворачиваемость может либо усиливать, либо ослаблять влияние шинной поворачиваемости.

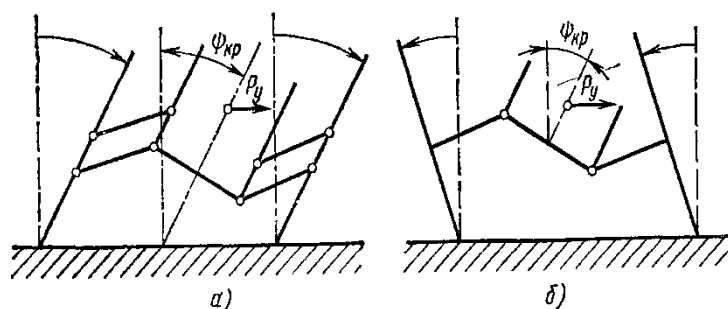


Рисунок 7 – Схемы движения автомобилей с независимой рычажной подвеской, имеющих различную креновую поворачиваемость

Для обеспечения недостаточной поворачиваемости автомобиля необходимо, чтобы угол увода переднего моста был больше угла увода заднего моста. Поэтому у легковых автомобилей наиболее распространена передняя независимая подвеска на двух рычагах. Заднюю подвеску выполняют зависимой или же независимой на одном поперечном рычаге. Никогда не применяют однорычажную подвеску для переднего моста и двухрычажную для заднего, так как это приводит к резкому ухудшению управляемости автомобиля.

**Автомобиль может утратить управляемость вследствие поперечного проскальзывания шин по дороге, а также увода шин.**

При повышении скорости автомобиля углы увода также возрастают. При этом у автомобиля с излишней шинной поворачиваемостью угол  $\delta_2$  увеличивается быстрее угла  $\delta_1$ . При *критической скорости* автомобиль начинает двигаться криволинейно, хотя его управляемые колеса находятся в нейтральном положении. Следовательно, автомобиль с излишней шинной поворачиваемостью теряет управляемость, если его скорость больше критической. У автомобиля с недостаточной или нейтральной шинной поворачиваемостью критическая скорость отсутствует.

Чтобы обеспечить недостаточную шинную поворачиваемость

автомобиля, несколько уменьшают давление воздуха в шинах передних колес по сравнению с давлением в шинах задних колес. Кроме того, центр тяжести автомобиля немного смещают в сторону переднего моста, что увеличивает часть центробежной силы, действующую на управляемые колеса.

### **3.1.6 Информативность**

*Информативность* – это свойство автомобиля обеспечивать участников движения информацией, необходимой для динамического функционирования системы ВАДС. Информативность является одним из эксплуатационных свойств автомобиля, определяющих его безопасность.

**В курсовой работе студенты должны сделать выводы об информативности транспортного средства.**

Все участники дорожного движения условно могут быть разбиты на две группы: водители-операторы и другие (внешние) участники движения (пешеходы, водители других транспортных средств, регулировщики). В процессе дорожного движения водитель выступает в двух качествах одновременно: водителя–оператора и внешнего участника движения, и должен реагировать на информацию, исходящую как от управляемого им автомобиля – *внутренняя информативность*, так и от других транспортных средств – *внешняя информативность*.

Информативность автомобиля может быть *визуальной* (форма и размеры автомобиля, цвет кузова, система автономного освещения, светосигнальное оборудование, элементы щитка приборов, параметры обзорности), *звуковой* (звуковые сигнализаторы, несущая волна, шум двигателя, трансмиссии и т.д.), *тактильной* (реакция органов управления на действие водителя).

**Виды информативности и их характеристики подробно описаны в курсе лекций и литературе [2, 5, 6].**

### **3.1.7 Оборудование рабочего места водителя**

**Рабочее место водителя автомобиля характеризуется** размерами кабины, удобством доступа к органам управления, положением сиденья, расположением по отношению к нему органов управления и эргономическими параметрами среды в кабине (шум, вибрации, микроклимат, загрязнение воздуха токсическими веществами).

**В курсовой работе студенты должны сделать выводы о комфортности транспортного средства.**

Рациональная организация рабочего места имеет большое значение для безопасности движения, повышения производительности труда и сохранения здоровья водителя. Она заключается в оснащении, оборудовании и планировке рабочего места в соответствии с психофизиологическими и антропометрическими характеристиками человека. Вследствие этого рабочее место водителя может быть в различной степени удобным для управления автомобилем и по-разному влиять на работоспособность и утомляемость водителя, и точность управления автомобилем.

Эксплуатационное свойство, характеризующее рабочее место водителя (пассажира) автомобиля, называют *обитаемостью* или *комфортностью* автомобиля. Под обитаемостью понимают приспособленность рабочего места водителя (пассажира) к психофизиологическим и антропометрическим особенностям человека. Обитаемость относится к одному из свойств, характеризующих эксплуатационное качество автомобиля – его безопасность.

**Характеристики обитаемости подробно описаны в книге [2] и курсе лекций, а также в литературе [5, 6, 10].**

### **3.2 Пассивная безопасность**

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

Конструктивные мероприятия, улучшающие внутреннюю пассивную безопасность, предусматривают снижение инерционных перегрузок в процессе удара, ограничение перемещения людей в салоне, устранение травмоопасных деталей, закрепление багажа и инструмента.

При столкновениях и наездах внешнюю пассивную безопасность обеспечивают прежде всего бамперы. Кроме того, применяются защитные рамки.

**В курсовой работе студенты должны по имеющимся данным о конструкции транспортного средства сделать выводы о его пассивной безопасности.**

**Пассивная безопасность и ее характеристики подробно описаны в курсе лекций и книге [2], а также в литературе [1, 3, 9].**

Процесс удара обычно разделяют на три фазы. В течение первой фазы соударяющиеся тела, сближаясь, деформируются, их кинетическая энергия частично переходит в потенциальную, а 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. Согласно опытам НАМИ, при наезде автомобиля на неподвижное препятствие длительность первой фазы составляет 0,05 – 0,1 с, а второй 0,02 – 0,04 с.

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 – 50g. Перегрузки, испытываемые водителем и передним пассажиром при встречных столкновениях автомобилей, достигают 150 – 200g. Усилия, действующие на отдельные части тела, могут превышать 10 кН, что объясняет высокую смертность при некоторых ДТП.

**Большое значение для определения параметров пассивной безопасности имеет среднее замедление  $j_{cp}$ .** Оно определяется по формуле:

$$j_{cp} = v^2 / (2s_a), \quad (23)$$

где  $v$  – скорость автомобиля непосредственно перед ударом, м/с;

$s_a$  – остаточная деформация автомобиля, которая при ударе о поверхность, сравнимую по площади с лобовой площадью автомобиля, составляет:

легковые автомобили с несущим кузовом.....	0,40 – 0,90 м
легковые автомобили с рамным основанием .....	0,20 – 0,40 м
грузовые автомобили и автобусы.....	0,15 – 0,30 м

*Например.* Автомобиль, врезается в бетонную стенку на скорости 72 км/ч (20 м/с). При деформации его моторного отсека  $s_a = 0,8$  м среднее замедление составит

$$j_{cp} = v^2 / (2s_a) = 400 / (2 \cdot 0,8) = 250 \text{ м/с}^2 = 25,5 \text{ g}. \quad (24)$$

Перегрузка, действующая на пассажиров, составит 25,5g, то есть незафиксированного ремнем человека, весящего 75 кг, ударит о приборную доску с силой в 1912 кг.

### 3.3 Послеаварийная безопасность

**Послеаварийная безопасность** – это свойство автомобиля уменьшать тяжесть последствий ДТП после остановки и предотвращать возникновение



новых ДТП. К элементам послеаварийной безопасности автомобиля относятся конструктивные мероприятия и дополнительные приборы, предотвращающие возникновение опасных явлений, возникающих в результате ДТП.

**Опасными явлениями, которые могут возникнуть в результате ДТП, следует считать пожар, заклинивание дверей, заполнение водой салона автомобиля, если он затонул.**

**Требования к пожарной безопасности автомобиля и соответствующим элементам его конструкции регламентируются Правилами № 34–01 ЕЭК ООН.** Этот документ регламентирует утечку топлива из топливного бака, заливной горловины и топливопроводов при фронтальном наезде автомобиля на препятствие со скоростью 13,9 м/с или наезде сзади со скоростью 10 м/с; утечка топлива в момент наезда не должна превышать 28 г/мин, а образование каплеобразной смеси также 28 г/мин. В ходе испытаний определяется объем жидкости, заменяющей топливо и вытекшей из бака при нарушении его герметичности, оценивается вероятность возникновения пожара и возможность его тушения имеющимися на автомобиле средствами.

**Конструкции автомобилей массового производства должны отвечать следующим требованиям в отношении пожарной безопасности:**

1) предусматривается установка огнестойкой перегородки между топливным баком и пассажирским салоном. Элементы системы питания должны быть защищены от коррозии и предохранены от соприкосновения с препятствиями на грунте. Все топливопроводы должны располагаться в защищенных местах (но не в салоне автомобиля); они не должны подвергаться каким–либо механическим воздействиям. Топливный бак следует изготавливать из огнестойкого материала; он не должен заряжаться статическим электричеством;

2) заливная горловина не должна располагаться в салоне, багажнике или моторном отсеке и выступать над поверхностью кузова; крышка горловины должна быть огнестойкой;

3) электропроводку следует размещать в специальных каналах или крепить к корпусу; она должна быть защищена от коррозии;

4) для предотвращения быстрого распространения пламени и образования в салоне ядовитых газов (продуктов сгорания) регламентируются свойства материалов для внутренней отделки салона.

Кроме того, для повышения пожарной безопасности автомобилей на них устанавливают автоматически включающиеся огнетушители (как правило, пенные); штатные пенные или порошковые огнетушители; устройства, автоматически размыкающие электроцепь автомобиля при возникновении перегрузок определенной величины; устройства для автоматического впрыскивания в топливный бак веществ, превращающих бензин в трудносгораемое вещество (композиции галогенов, кремниевые соединения, специальные смолы).

**В отношении заклинивания дверей автомобилей можно применять Правила № 11–02 ЕЭК ООН “Прочность замков и петель боковых дверей”.** Однако следует учитывать, что если применяются дополнительные устройства, повышающие надежность замка в исправном состоянии (блокираторы дверей), то открыть дверь в деформированном виде, скорее всего, будет труднее. В ходе испытаний автомобиля на удар проверяется, чтобы двери (по одной с каждой стороны) открывались без применения инструмента.

Облегчение эвакуации людей из салона автомобиля, особенно автобуса, может быть достигнуто следующими мероприятиями:

- устройством запасных выходных люков в крыше автобуса (автомобиля);

- устройством запасных выходных люков в боковых стенках автобуса;
- снабжением дверей и люков дополнительными наружными замками и рукоятками;
- оборудованием салона молотками для разбивания стекол, пилами, молотами, ножницами и другими инструментами для прорезывания отверстий в стенках автобуса.

**Предотвращение попадания воды в салон автомобиля** при его затоплении пока не регламентируется международными стандартами. В какой-то мере может быть применен Российский ОСТ 37.001.248 на пылеводонепроницаемость. Единственный путь борьбы с этим явлением – повышение общей герметичности салона автомобиля. В этом направлении имеется много нерешенных вопросов. Следует отметить, что возможность спасения людей из затопленного автомобиля зависит не столько от его конструкции (водонепроницаемости), сколько от состояния окон автомобиля (открыты или закрыты), умения людей плавать, от присутствия духа у водителя и пассажиров.

**В курсовой работе студенты должны по имеющимся данным о конструкции транспортного средства сделать выводы о его послеаварийной безопасности.**

### **3.4 Экологическая безопасность**

*Экологическая безопасность* – это свойство автомобиля, позволяющее уменьшать вред, наносимый участникам движения и окружающей среде в процессе его нормальной эксплуатации. Мероприятиями по уменьшению вредного воздействия автомобилей на окружающую среду следует считать снижение токсичности отработавших газов и уровня шума.

Основными загрязняющими веществами при эксплуатации автотранспорта являются:

- выхлопные газы;
- нефтепродукты при их испарении;
- пыль;
- продукты истирания шин, тормозных колодок и дисков сцепления, асфальтовых и бетонных покрытий.

**Наибольший загрязняющий эффект из всего перечисленного оказывают отработавшие газы.** К основным вредным компонентам отработавших газов автомобилей относятся окись углерода CO (сильное токсичное вещество), углеводороды  $CH_x$ , окислы азота  $NO_x$  (токсичны, вместе с углеводородами  $CH$  образует фотохимический смог), альдегиды (вредно действуют на нервную систему и органы дыхания), твердые частицы (сажа), окислы серы  $SO_x$ , бензапирен, соли свинца (сильно действующие токсичные вещества).

В настоящий момент в России действуют допустимые нормы по токсичности выхлопных газов Евро II (согласно Правилам №49, 83 ЕЭК ООН), введенные с 1 января 2001 г.

В Европе этот стандарт действует с 1996 г., а нормы Евро III вступают в силу с 1 октября 2001 года. Причем все они будут обязательны для российских транспортных средств, работающих за границей. Кроме того, если российский автомобиль выпущен после октября 2001 года, то он должен удовлетворять нормам Евро III.

В **Евро II** регламентируемый уровень выбросов дизельных двигателей грузовых автомобилей полной массой свыше 3,5 т составляет (в г/кВт\*ч): CO (окись углерода) – 4,0;  $CH$  (углеводороды) – 1,1;  $NO_x$  (оксиды азота) – 7,0; PM (твердые частицы) – 0,15.

В **Евро III** требования к токсичности выхлопа ужесточаются – регламентируемый уровень выбросов дизельных двигателей грузовых

автомобилей полной массой свыше 3,5 т составит (в г/кВт\*ч): СО (окись углерода) – 2,0; СН (углеводороды) – 0,6; NO<sub>x</sub> (оксиды азота) – 5,0; РМ (твердые частицы) – 0,1. Для бензиновых двигателей легковых автомобилей уровень выбросов в г/км: СО – 2,3; СН – 0,2; NO<sub>x</sub> – 0,15.

**При движении автомобиля шум создается** двигателем внутреннего сгорания, шасси автомобиля (в основном механизмами трансмиссии и кузовом) и в результате взаимодействия шин с дорожным покрытием.

У технически исправного легкового автомобиля, имеющего небольшой пробег, основной источник шума – взаимодействие шин с дорожным покрытием, у грузового автомобиля шум шин составляет меньшую долю. В результате взаимодействия колеса с дорожным покрытием возникает шум, уровень и характеристики которого зависят от типа автомобиля, конструкции подвески, рисунка протектора, нагрузки на шину, ее жесткости и давления в ней.

Шум от работы двигателя внутреннего сгорания возникает во впускном тракте карбюратора и трубопроводе; в газораспределительном клапанном механизме в результате взаимодействия толкателей с клапанами; в зубчатых, а также в цепных и ременных передачах между коленчатым и распределительным валами; в системе охлаждения двигателя вследствие работы вентилятора, ременной передачи и водяного насоса; в выпускной системе. Шум возникает также в зубчатых зацеплениях коробки передач и ряде других второстепенных (по шуму) механизмов.

В элементах шасси технически исправного (нового) автомобиля и его кузове шум создается при работе механизмов трансмиссии элементах подвески и в результате обтекания кузова воздушным потоком при движении.

Шум, создаваемый отдельным автомобилем (автопоездом), регламентируется рядом нормативных документов, основными из которых являются **Правила № 9 ЕЭК ООН**. Шум выпускаемых отечественной

автомобильной промышленностью транспортных средств в основном соответствует этим нормам.

**В курсовой работе студенты должны сделать выводы об экологической безопасности транспортного средства.**

Характеристики экологической безопасности подробно описаны в литературе [1, 2].

## **4 Методические указания к проектированию отдельных устройств, повышающих безопасность транспортного средства**

### **4.1 Рулевое управление**

В передней деформируемой зоне транспортного средства находится рулевой механизм, а у большинства автомобилей – еще и двигатель (вместе с коробкой передач), которые при аварии первыми встретят и упрутся в препятствие. А значит, непременно окажутся внутри “наезжающего” на них салона. И от этой серьезнейшей опасности, увы, не спасет и жесткий каркас. Кстати, именно рулевой вал и “баранка” были основными виновниками тяжелейших травм и гибели водителей в “добезопасные” времена.

С двигателем и трансмиссией справиться проще – здесь все решает система крепления, обеспечивающая “уход” силового агрегата под днище при фронтальном ударе (рисунок 8)



Рисунок 8 – Безопасное расположение силового агрегата Mercedes-Benz А-класса.

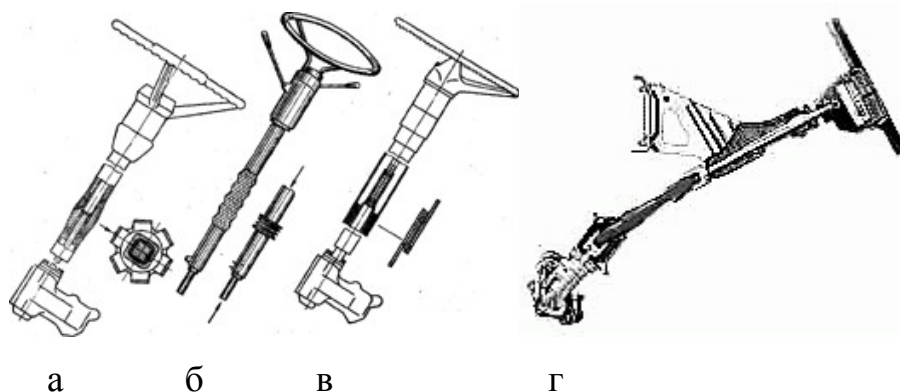
С рулевым механизмом несколько сложнее: рулевая колонка и рулевое колесо, что называется, по определению, занимают место в салоне.

Способов ограничить перемещение рулевой колонки в салон перепробовали много. Начнем с того, что практически у всех современных легковых автомобилей рулевой механизм располагают как можно дальше от передка, в большинстве случаев – внутри колесной базы, за воображаемой осью передних колес.

Конструкции безопасных рулевых управлений весьма разнообразны. Для поглощения кинетической энергии тела водителя в рулевой вал, рулевую колонку или в обе эти детали встраивают специальные защитные элементы, разрушающиеся или деформирующиеся под действием больших нагрузок. У некоторых автомобилей защитный элемент имеет форму перфорированной трубы с ромбовидными отверстиями, расположенную в средней части вала. Часто деформируемый элемент делают в виде пластин, приваренных к внутренним концам частей рулевого вала.

Чтобы уменьшить возможность проникновения рулевого колеса внутрь салона, применяют рулевые валы с карданными шарнирами; как правило, теперь рулевой вал состоит из двух–трех несоосных частей, соединенных карданными шарнирами (рисунок 9, г). В кронштейне, крепящем рулевую колонку к кузову, сделаны прорезы, допускающие перемещение верхней части колонки вперед и препятствующие проникновению ее внутрь салона. Схема очень надежная в своей простоте, да к тому же обеспечивающая возможность регулировки рулевого колеса “выше–ниже”.

Энергопоглощающие элементы, соединяющие две части рулевой колонки, изображены на рисунке 9 а, б, в. Эти элементы могут быть выполнены или в виде упругих пластин (рисунок 9, а), или в виде гофрированной сетки (рисунок 9, б). Рулевые валы в обоих случаях состоят из двух частей, соединенных между собой с помощью прессовой посадки и пластмассовых заклепок, срезаемых при ударах.



*а* – с упругими пластинами; *б* – с перфорированный защитный элемент; *в* – со стальными шариками; *г* – SAAB-9000 с двумя карданными шарнирами и деформируемыми нижней частью и кронштейном

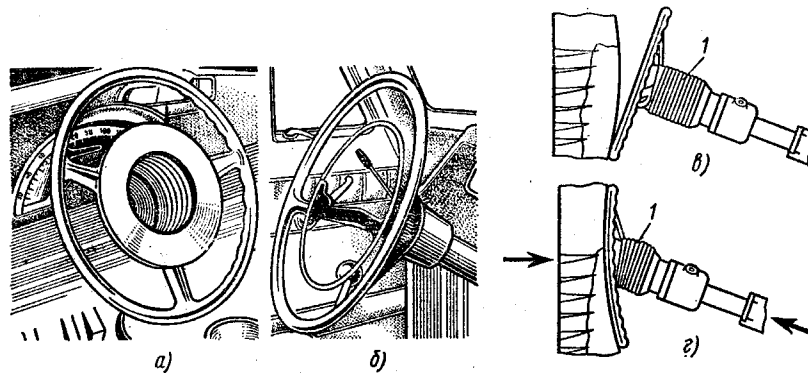
Рисунок 9 – Безопасные рулевые колонки

Иногда рулевую колонку, делают телескопической (рисунок 9, в). Между внутренней и наружной трубами располагают несколько кольцевых поясов закаленных стальных шариков. При продольном перемещении труб шарики вдавливаются в их стенки.

Но и ограничив перемещение руля внутри салона, трудно гарантировать, что водитель сам не “дотянется” до него лицом или грудью, даже будучи пристегнутым. Сначала спицы делали из пружинной проволоки, чтобы баранка прогибалась при ударе. Случалось, людей калечила разорванная “безопасная” проволока.

Для защиты водителя ступицу рулевого колеса делают большого диаметра и снабжают упругой оболочкой (рисунок 10, а) или утапливают ее так, чтобы спицы составляли с плоскостью обода угол не менее  $20^\circ$  (рисунок 10, б). Обязательно применяют мягкие накладки на обode. Конструкция современного рулевого колеса стала более безопасной, и его ступица содержит элементы, снижающие ударную нагрузку. Например, гофрированные или перфорированные стаканы, деформирующиеся при ударе (рисунок 10, в).





а – рулевое колесо со ступицей большого диаметра; б – тюльпанное рулевое колесо; в и г – рулевое колесо с гофрированным элементом соответственно до удара и после него; 1 – гофрированный элемент.

Рисунок 10 – Безопасные рулевые колеса

## 4.2 Ремни безопасности

Наиболее простым и вместе с тем эффективным средством, ограничивающим перемещение людей внутри автомобиля при авариях, являются ремни безопасности. Причем, система пассивной безопасности современного автомобиля строится “от ремня”: функция каждого из остальных элементов и устройств предполагает, что все находящиеся в машине будут надежно пристегнуты.

В процессе столкновений и наездов автомобилей человек, не пристегнутый ремнем, продолжает движение по инерции с прежней скоростью и ударяется о детали автомобиля, который к этому моменту успевает остановиться. При наличии ремня скорость человека уменьшается в процессе деформации передней части автомобиля и лямок ремня. Относительная скорость человека в этом случае значительно меньше, и удары его о твердые детали интерьера могут не вызвать серьезных повреждений.

**Определим параметры перемещения человека, пристегнутого ремнем безопасности.** Вначале автомобиль движется со средним замедлением  $j_{cp}$ , определяемым по формуле (24), а человек со средним замедлением  $j_{ч}$ . Если жесткость  $c_{л}$  ремня постоянна, то

$$m_{ч} j_{ч} - c_{л} (S_{ч} - S) = 0, \quad (25)$$

где  $m_{ч}$  – масса человека, кг;

$S_{ч}$  и  $S$  – перемещения соответственно человека и автомобиля, м.

$$S_{ч} = \frac{j_{cp} m_{ч}}{c_{л}} \left[ 1 - \cos \left( \sqrt{\frac{c_{л}}{m_{ч}}} \cdot t \right) \right] + v_0 t - 0,5 j_{cp} t^2, \quad (26)$$

где  $v_0$  – начальная скорость автомобиля;

$t$  – время движения.

Скорость человека изменяется по закону

$$v_{ч} = \dot{S}_{ч} = \sqrt{\frac{m_{ч}}{c_{л}}} j_{cp} \sin \left( \sqrt{\frac{c_{л}}{m_{ч}}} \cdot t \right) + v_0 - j_{cp} t, \quad (27)$$

а замедление

$$j_{ч} = \dot{v}_{ч} = j_{cp} \left[ \cos \left( \sqrt{\frac{c_{л}}{m_{ч}}} \cdot t \right) - 1 \right]. \quad (28)$$

Время движения автомобиля до остановки определим по формуле:

$$t_1 = v_0 / j_{cp}. \quad (30)$$

Максимальную силу  $P_{max}$  приложенную к телу человека, можно найти следующим образом:

$$P_{\max} = m_{\text{ч}} j_{\text{ср}} \sqrt{2 - 2 \cos \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_{\text{ч}}} \frac{v_0}{j_{\text{ср}}}} \right)} = m_{\text{ч}} \frac{v_0^2}{2S} \sqrt{2 - 2 \cos \left( \sqrt{\frac{c_{\text{л}}}{m_{\text{ч}}} \frac{2S}{v_0}} \right)}. \quad (31)$$

На рисунке 11 приведены результаты подсчета по этой формуле. При  $m_{\text{ч}} = 70$  кг,  $c_{\text{л}} = 70$  кН/м и  $v_0 = 10\text{--}20$  м/с. Нагрузка, испытываемая человеком, увеличивается по мере уменьшения деформации  $\Delta_{\text{а}}$  передней части автомобиля и повышения его начальной скорости. Соответственно возрастает и перемещение тела человека  $S_{\text{ч}}$ .

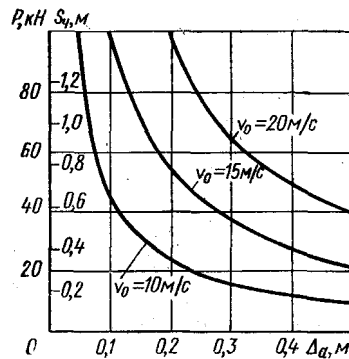


Рисунок 11 – Зависимость нагрузки  $P$ , действующей на человека, от деформации  $\Delta_{\text{а}}$  передней части автомобиля и его скорости  $v_0$ , перед ударом.

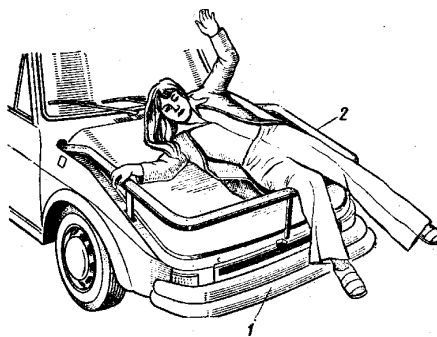
### 4.3 Защитные рамки

Во время наезда автобуса или грузового автомобиля пешеход отбрасывается в сторону. При наезде же легкового автомобиля пешеход сначала падает на капот и некоторое время движется вместе с автомобилем, после чего падает на дорогу. Смертельный исход в обоих случаях наступает при скорости автомобиля около 11 м/с.

Для уменьшения травматизма предложены защитные приспособления, удерживающие пешехода после удара и предохраняющие его от падения на дорогу. При ударе бампера, изготовленного из эластичной резины, срабатывает датчик, и в первой стадии наезда (через 0,2 – 0,3 с) пешеход

забрасывается на капот автомобиля. После начала торможения автомобиля пешеход, продолжая двигаться с приобретенной скоростью, сползает вперед по капоту и падает вниз. Защитная рамка (сетка) (рисунок 12) начинает автоматически выдвигаться из углубления по периметру капота примерно спустя 0,2 с после удара. Через 1 с выдвижение ее полностью заканчивается, и сетка принимает падающего человека. Рамка во время испытаний удерживала манекен при скоростях автомобиля до 7 м/с.

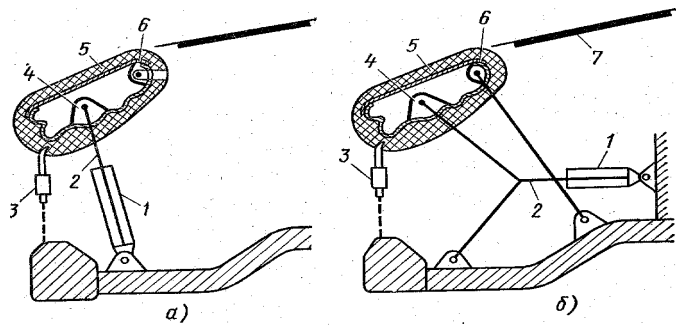
На рисунке 12 показана защитная рамка, устанавливаемая на некоторых английских автомобилях.



1 – бампер; 2 – рамка.

Рисунок 12 – Автоматическая защитная рамка

Защитная рамка приводится в действие гидравлическим цилиндром 1, расположенным вертикально (рисунок. 13, *а*) или горизонтально (рисунок. 13, *б*). Последняя конструкция более громоздка, поэтому ее рекомендуют применять в автомобилях с задним расположением двигателя. После удара и срабатывания датчика шток 2 цилиндра выдвигается и непосредственно (рис. 13, *а*) или через систему рычагов (рисунок 13, *б*) давит на переднюю часть рамки 4 с облицовкой 5 из мягкого пластика. Рамка освобождается от защелки 3 и, поворачиваясь относительно шарнирной опоры 6, поднимается, подхватывая пешехода и удерживая его на крышке 7 капота.



1 – цилиндр; 2 – шток; 3 – защелка; 4 – рамка; 5 – облицовка рамки; 6 – шарнирная опора; 7 – крышка капота.

Рисунок 13 – Схема привода защитной рамки

## Список используемых источников

1 Автомобили: Испытания: учеб. пособие для вузов / В.М. Беляев, М.С. Высоцкий [и др.] / под ред. А.И. Гришкевича, М.С. Высоцкого. – М.: Выш. шк., 1991. – 187 с.

2 Афанасьев, Л.Л. Конструктивная безопасность автомобиля / Л.Л. Афанасьев, В.А. Дьяков. – М.; Машиностроение, 1983. – 212 с.

3 Безверхий, С.Ф. Основы технологии полигонных испытаний и сертификация автомобилей / С.Ф. Безверхий, Н.Н. Яценко. – М.; ИПК Изд-во стандартов, 1996. – 600 с.

4 Безопасность дорожного движения: учебное пособие / В.В. Амбарцумян, В.Н. Бабанин, О.П. Буджоян, А.В. Петридис; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Машиностроение, 1998. – 304 с.

5 Дьяков, А.Б. Безопасность движения автомобилей ночью: учеб. пособие для вузов – М.: Транспорт, 1984. – 200 с.

6 Мишурин, В.М. Надежность водителя и безопасность движения / В.М. Мишурин, А.Н. Романов. – М.: Транспорт, 1990. – 167 с.

7 Осепчугов, В.В. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: учебное пособие для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство» / В.В. Осепчугов, А.К. Фрумкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

8 Раймпель, Й. Шасси автомобиля: Амортизаторы, шины и колеса: пер. с нем. В.П. Агапова; под ред. О.Д. Златовратского. – М.: Машиностроение, 1986. – 320 с.

9 Рябчинский, А.И. Международная регламентация безопасности конструкций автотранспортных средств: учебное пособие / А.И. Рябчинский – М., МАДИ, 1989.

10 Строне, И.С. Предупреждение дорожно-транспортных происшествий. – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1988. – 163 с.