

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Политехнический институт

Т Е О Р И Я АВТОМОБИЛЕЙ И ТРАКТОРОВ

Методические указания
к выполнению лабораторных работ
для студентов всех форм обучения
направления 23.05.01 «Наземные
транспортно-технологические средства»

Севастополь
СевГУ
2017

УДК 629.113

Р е ц е н з е н т:

О.В. Филипович – кандидат технических наук

Составители: А.А. Ветрогон, В.В. Мешков, Л.И. Соустова, И.Ю. Чуйко

Теория автомобилей и тракторов: метод. указания к выполнению лабораторных работ / Сост. А.А. Ветрогон, В.В. Мешков, Л.И. Соустова, И.Ю. Чуйко – Севастополь: СевГУ, 2017. – 84 с.

Методические указания предназначены для учебно-методического обеспечения дисциплины «Теория автомобилей и тракторов». Целью методических указаний является оказание помощи студентам при изучении и проведении лабораторных работ по дисциплине «Теория автомобилей и тракторов». Излагаются основные теоретические сведения, порядок выполнения и требования к оформлению отчетов по проведению лабораторных работ.

УДК 629.113

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Автомобильный транспорт», протокол № 6 от 22 января 2017 г.

Изд. № 93/17. Объем 5,25 п.л. Усл. печ. л. 4,88. Уч.-изд. л. 5,145.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»

© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа № 1. Изучение технических характеристик дорожных транспортных средств.....	4
Лабораторная работа № 2. Органы управления дорожно-транспортных средств	17
Лабораторная работа № 3. Исследование сцепных свойств протектора шины автомобиля	29
Лабораторная работа № 4. Определение коэффициента сопротивления качению автомобиля	37
Лабораторная работа № 5. Определение коэффициента сопротивления качению автомобиля методом выбега.....	44
Лабораторная работа № 6. Определение коэффициента обтекаемости автомобиля	48
Лабораторная работа № 7. Исследование тягово-динамических качеств автомобиля	55
Лабораторная работа № 8. Исследование эффективности тормозной системы автомобиля.....	68
Лабораторная работа № 9. Испытания дорожных транспортных средств на проходимость.....	75
Библиографический список.....	84

Лабораторная работа № 1

ИЗУЧЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цель работы: научиться определять размерные параметры дорожных транспортных средств (ДТС) и составлять техническую характеристику автомобиля.

1.1. Теоретический раздел

Автомобиль состоит из следующих основных узлов: двигатель, трансмиссия, ходовая часть, рулевое управление, тормозная система, кузов, электрооборудование и органы управления.

На рис. 1.1 – 1.6 показаны условные обозначения размерных параметров автомобилей:

D - габаритная длина, мм	$B'_П$ - высота подножки автобуса ¹⁾ , мм
$Ш$ - габаритная ширина, мм	B_C - высота салона автобуса, мм
B - габаритная высота ¹⁾ , мм	Γ - смещение седельно-сцепного устройства, мм
C - передний свес, мм	D_K - длина кузова внутренняя, мм
K' - колея передних колес, мм	P' - расстояние от подушки переднего сиденья до внутренней обивки потолка, мм
K'' - колея задних колес, мм	P'' - расстояние от подушки заднего сиденья до внутренней обивки потолка, мм
γ' - передний угол свеса ¹⁾ , град	$Ш'$ - ширина сидений передних, мм
γ'' - задний угол свеса ¹⁾ , град	$Ш''$ - ширина сидений задних, мм
Π' - просвет под передней осью ¹⁾ , мм	$Ш_{ДП}$ - ширина передней двери автобуса, мм
Π'' - просвет под задней осью ¹⁾ , мм	$Ш_{ДЗ}$ - ширина задней двери автобуса, мм
A - расстояние от задней стенки кабины до задней оси, мм	$Ш_D$ - ширина двери (в свету), мм
B - база автомобиля, мм	$Ш_{П}$ - максимальная ширина прохода между рядами сидений в автобусах, мм
B_T - база тележки, мм	$Ш_K$ - ширина кузова внутренняя, мм
$B_{П}$ - высота погрузочная пола автобуса ¹⁾ , мм	$Ш^*$ - ширина ДТС по боковым зеркалам заднего вида, мм
$B_{ТС}$ - высота погрузочная седельно-сцепного устройства седельного тягача ¹⁾ , мм	r_1 - расстояние от оси отверстия под шкворень седельно-сцепного устройства до задней стенки кабины или другой ближайшей точки, мм
B_B - высота бортов, мм	r_2 - задний габаритный радиус седельного тягача, мм
B_K - высота кузова внутренняя и кузова самосвала, мм	

Примечания.

¹⁾ - замеряется на груженом автомобиле.

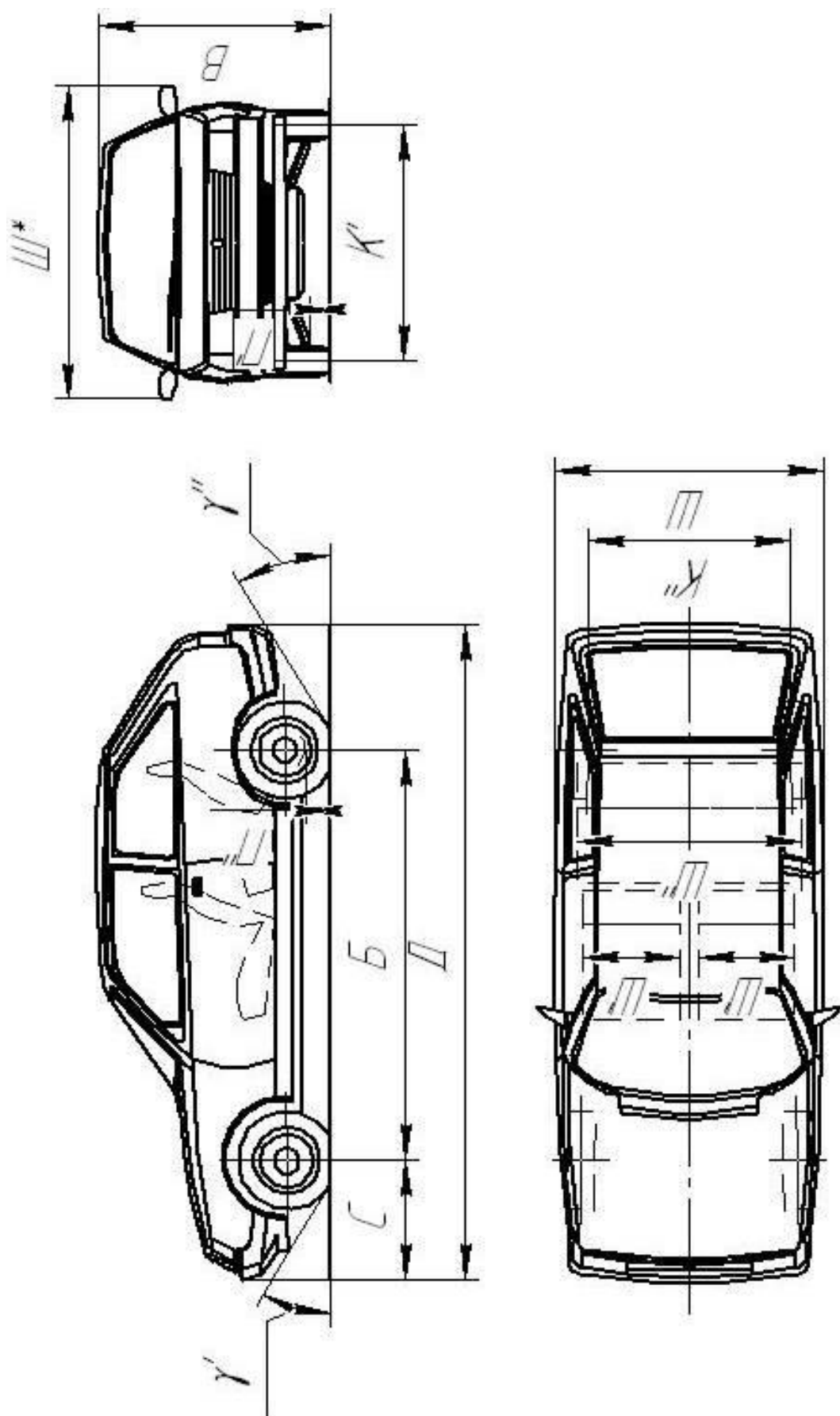


Рис. 1.1.1. Размерные параметры легкового автомобиля ЗАЗ-1102

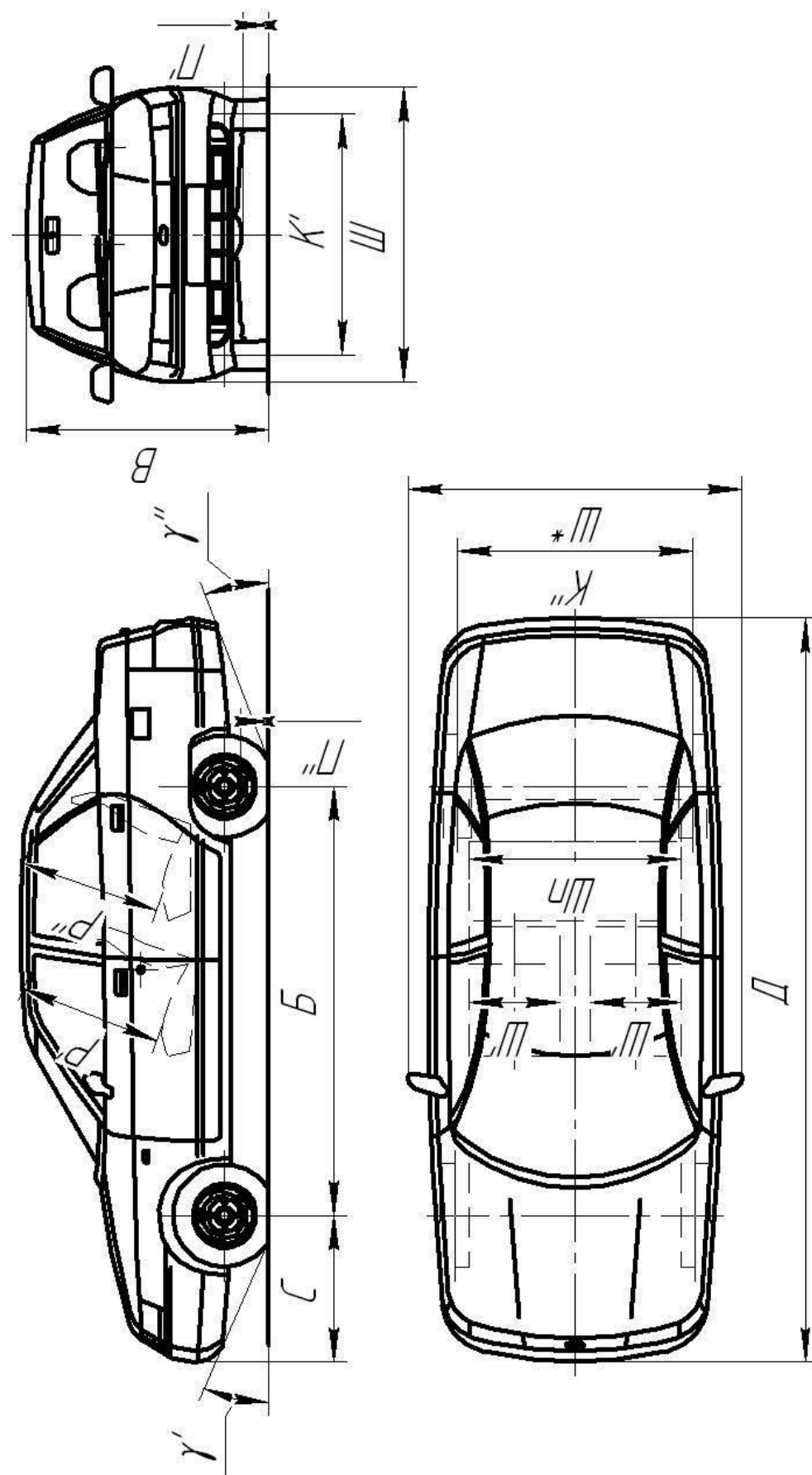


Рис. 1.2. Размерные параметры легкового автомобиля ВА3-2110

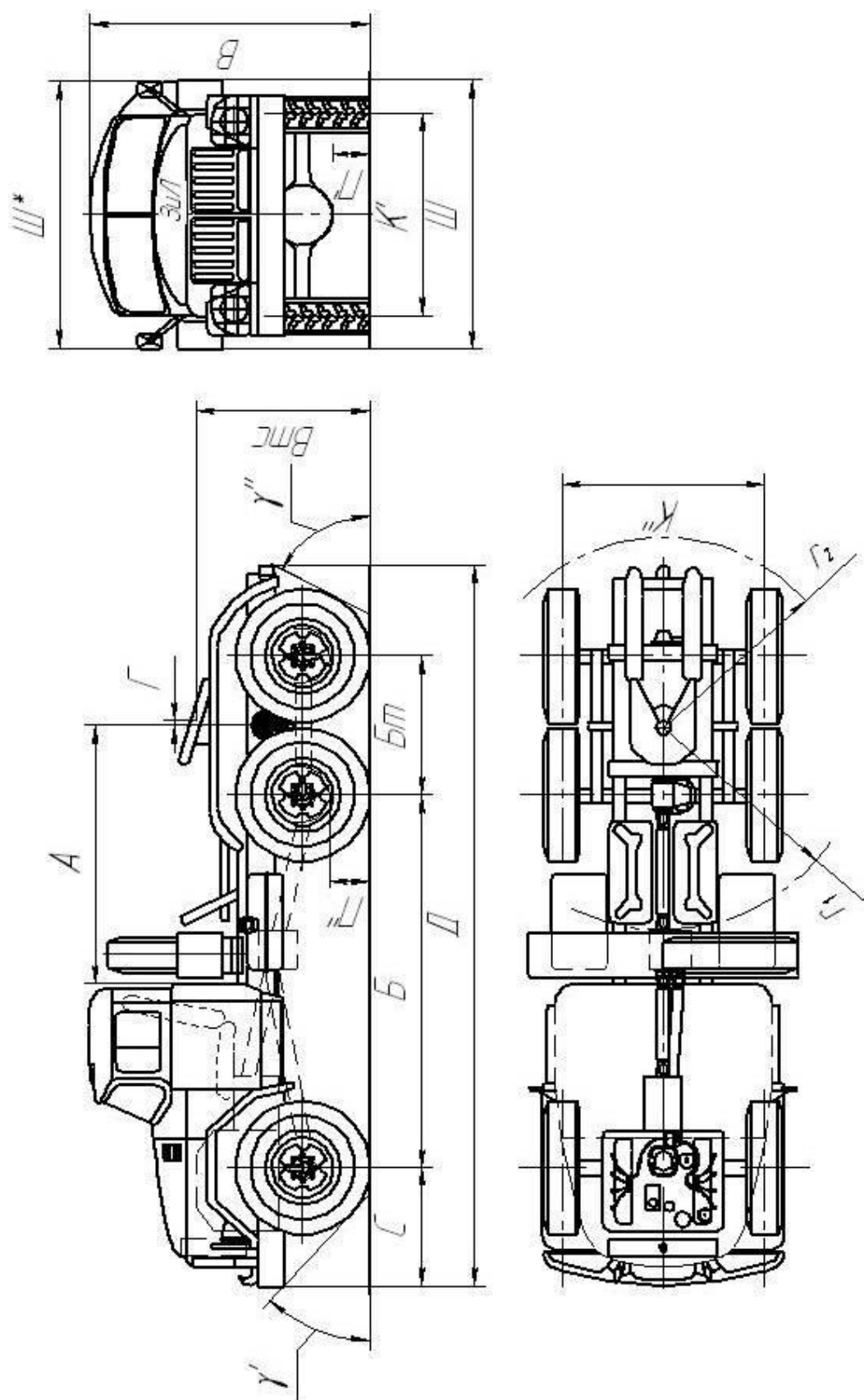


Рис. 1.4. Размерные параметры седельного тягача автомобиля ЗиЛ-131НВ

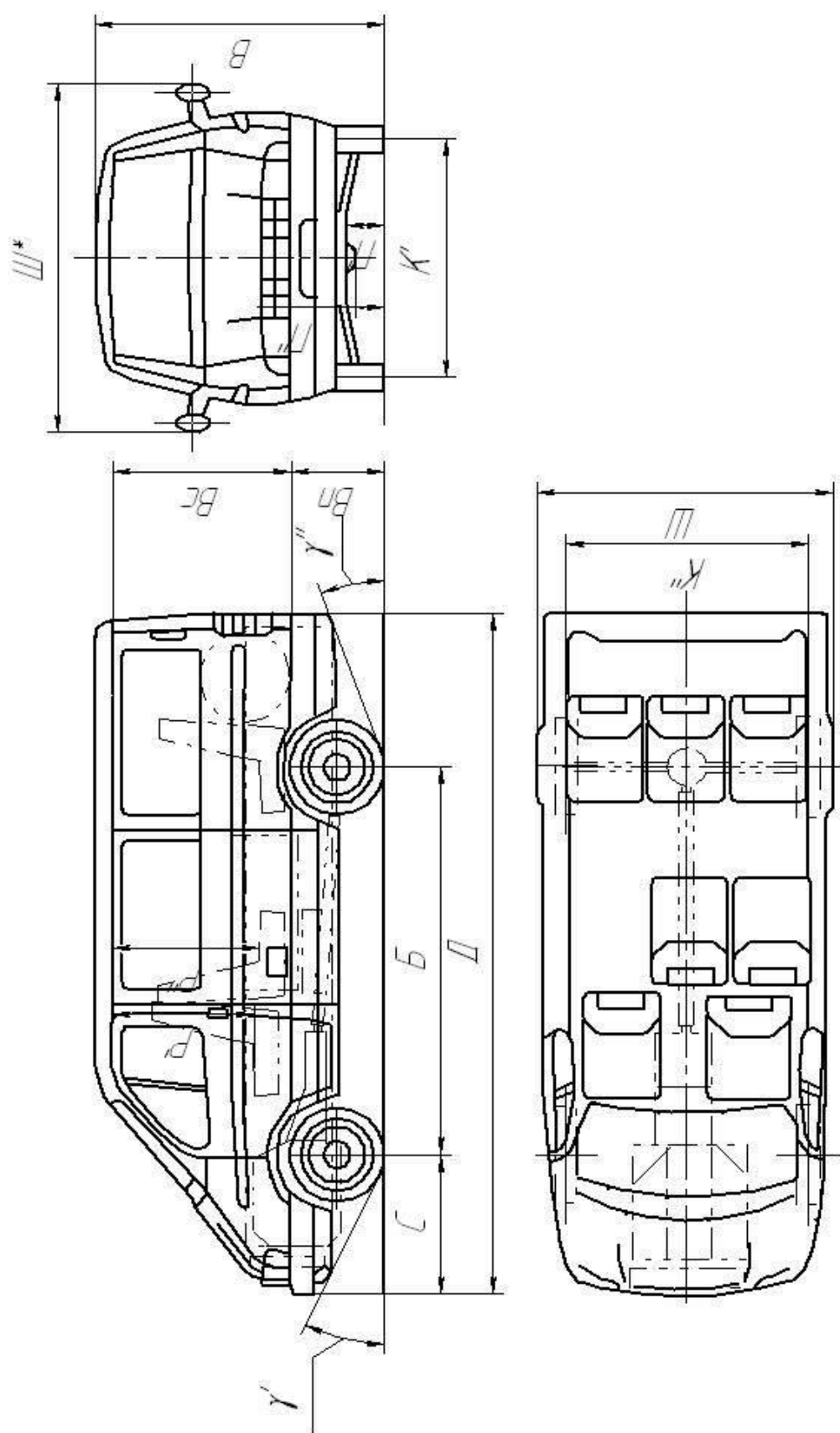


Рис. 1.5. Размерные параметры автобуса ГАЗ-2217 "Соболь"

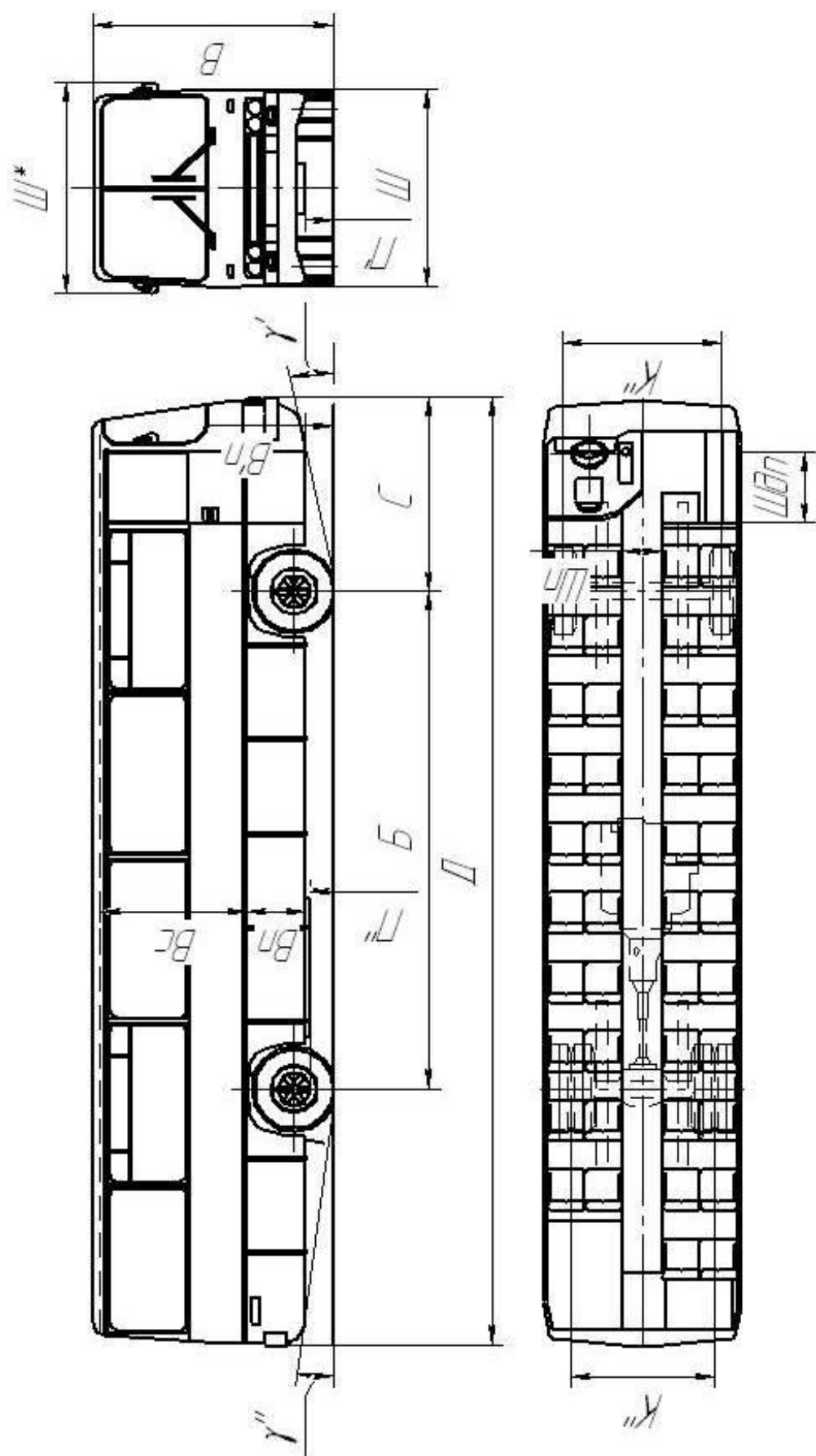


Рис. 1.6. Размерные параметры автобуса Икарус 250.58

Классификации ДТС представлены в табл. 1.2 – 1.4.

Таблица 1.2 - Классификация легковых автомобилей по объему двигателя

Тип	Рабочий объем двигателя, л.
Особо малый	- до 1,1;
Малый	- свыше 1,1 до 1,8;
Средний	- свыше 1,8 до 3,5;
Большой	- свыше 3,5;
Высший	- рабочий объем не регламентируется.

Таблица 1.3 - Классификация грузовых автомобилей

По устройству кузова	По полной массе, т
Бортовые	До 1,2
Седельные тягачи	Свыше 1,2 до 2,0
Самосвалы	Свыше 2,0 до 8,0
Цистерны	Свыше 8,0 до 14
Фургоны	Свыше 14 до 20
Специальные (пожарные автомобили, автокраны, уборочные автомобили)	Свыше 20 до 40
	Свыше 40

Таблица 1.4 - Классификация автобусов

По габаритной длине, м	По назначению
Особо малый (до 5,5)	Городские
Малый (6,0-7,5)	Пригородные
Средний (8,5-10)	Междугородные
Большой (11,0-12,0)	Местного (сельского) назначения
Особо большой (сочлененные) (16,5-24,0) (двухзвенные до 18)	Маршрутные такси
	Общего назначения

В соответствии с нормалью ОН 025 270-66 принята следующая система обозначения ДТС: каждой новой модели автомобиля, прицепа и полуприцепа присваивается индекс, состоящий из ряда цифр.

Первая цифра обозначает класс ДТС:

- по рабочему объему двигателя – для легкового автомобиля;
 - до 1,1 – 1,
 - свыше 1,1 до 1,8 – 2,
 - свыше 1,8 до 3,5 – 3,
 - свыше 3,5 – 4.
- по габаритной длине – для автобуса;
 - до 5 м – 2,
 - от 6 до 7,5 м – 3,

- от 7 до 9,5 – 4,
 - от 9,5 до 12 – 5,
 - от 10,5 и выше – 6.
- по полной массе – для грузового автомобиля;
- до 1,2 т – 1,
 - от 1,2 до 2 т – 2,
 - от 2 до 8 – 3,
 - от 8 до 14 – 4,
 - от 14 до 20 – 5,
 - от 20 до 40 – 6,
 - от 40 и выше – 7.

Вторая цифра указывает на тип (тип кузова) ДТС:

- легковой автомобиль обозначается цифрой 1,
- автобус – 2,
- грузовой бортовой автомобиль или пикап – 3,
- седельный тягач – 4,
- самосвал – 5,
- цистерна – 6,
- фургон – 7,
- цифра 8 резерв,
- специальное ДТС – 9.

Для прицепов и полуприцепов вторая цифра обозначает тип прицепного состава в соответствии с типом автомобиля, т.е. 1 – прицеп для легкового автомобиля, 2 – пассажирский прицеп к автобусу и т.д.

Третья и четвертая цифры индексов:

- указывают на порядковый номер модели.

Пятая говорит о том, что это не базовая модель, а модификация.

Шестая цифра вид исполнения:

- для холодного климата – 1,
- экспортное исполнение климата – 6,
- экспортное исполнение для тропического климата – 7.

Некоторые ДТС имеют в своем обозначении через тире приставку 01, 03, 04 и т.п., что указывает на то, что модель или модификация является переходной или имеет какие-то дополнительные комплектации.

Далее приведены основные технические характеристики дорожно-транспортных средств:

- **колесная формула.** Для всех автомобилей основная колесная формула состоит из двух цифр, разделенных знаком умножения, где первая цифра – общее число колес, а вторая – число ведущих колес (двухскатные колеса считаются за одно колесо). Исключение составляют переднепри-

водные автомобили и автопоезда с одноосными тягачами, где первая цифра – число ведущих колес, а вторая – общее число колес.

Для легковых автомобилей, грузопассажирских и малотоннажных грузовых, созданных на базе агрегатов легковых, применяются формулы 4х2, 4х4, 2х4.

Для грузовых автомобилей и автобусов в основную колесную формулу введена третья цифра «2» или «1», отделенная от второй цифры точкой «2» указывает, что ведущая задняя ось (оси, тележка) имеет двухскатную ошиновку, а цифра «1» указывает, что все колеса односкатные, таким образом, для двухосных грузовых автомобилей и автобусов применяются формулы 4х2.2; 4х2,1; 4х4.2 и 4х4.1. Для трехосных – 6х4.2; 6х4.1; 6х6.1; 6х6.2; 6х2.2 и 6х2.1. Для четырехосных – 8х4.2; 8х4.1; 8х8.2 и 8х8.1 сочлененных грузовых автопоездов с одноосными тягачами – 2х6.2 и 2х6.1. Для сочлененных автобусов в формулу введена четвертая цифра «1» или «2», отделенная от третьей цифры точкой. Цифра «1» означает, что ось прицепной части автобуса имеет односкатную ошиновку, «2» – двухскатную. Для сочлененных автобусов применяются формулы 6х6.2.1 и 6х2.2.2.

- **пассажировместимость** (число мест). В число мест легковых автомобилей или грузовых включено место водителя. В автобусах в число мест для сидящих пассажиров не включены места обслуживающего персонала – гида и др. Вместимость автобусов приведена как сумма числа мест для сидящих пассажиров и числа мест для стоящих пассажиров из расчета 0,2 свободной площади пола на одного стоящего пассажира (5 чел. на 1 м² – номинальная вместимость и 0,125 м² (8 чел. на 1 м²) – предельная вместимость).

- **номинальная вместимость автобусов** – вместимость, характерная для условий эксплуатации в межпиковое время. Предельная вместимость – вместимость автобусов в часы «пик».

- **расчетные массы пассажиров** (на одного человека), обслуживающего персонала и багажа. Для легковых автомобилей – 80 кг (70 кг+10 кг багаж). Для автобусов: городского – 68 кг; пригородного – 71 кг (68+3 кг багаж); сельского (местного) – 81 кг (68+13 кг багаж); междугородного – 91 кг (65+23 кг багаж). Обслуживающий персонал автобусов (водитель, гид, кондуктор и др.) и водитель, и пассажиры в кабине грузового автомобиля – 75 кг. Масса багажника с грузом, установленного на крыше легковых автомобилей в полную массу включается при соответствующем сокращении числа пассажиров.

- **грузоподъемность**. Определяется как масса перевозимого груза без массы водителя и пассажиров в кабине.

- **снаряженная масса** автомобиля, прицепа, полуприцепа. Определяется как масса полностью заправленного (топливом, маслами, охлаждающей жидкостью и др.) и укомплектованного (запасным колесом, инстру-

ментом и т.н.), но без груза или пассажиров, водителя, другого обслуживающего персонала и их багажа.

- **полная масса дорожного транспортного средства.** Состоит из снаряженной массы, массы груза (по грузоподъемности) или пассажиров (по числу мест), их багажа, водителя и другого обслуживающего персонала.

- **полная масса автобусов** (городских и пригородных) определяется отдельно для номинальной и предельной вместимостей.

- **полная масса автопоездов:** для прицепного поезда – сумма полных масс тягача и прицепа; для седельного – сумма снаряженной массы тягача, массы персонала в кабине и полной массы полуприцепа.

- **допустимая полная масса** (конструктивная) – сумма осевых масс, допускаемых конструкцией автотранспортного средства.

- **максимальная скорость,** время разгона, преодолеваемый подъем, путь выбега и тормозной путь. Эти параметры приведены для автомобиля полной массы, и для седельных тягачей, работающих в составе автопоезда полной массы. Исключение составляет максимальная скорость и время разгона легковых автомобилей, у которых эти параметры даны для автомобиля с водителем и одним пассажиром.

- **габаритная и погрузочная высота,** высота седельно-сцепного устройства, уровень пола, высота подножек автобусов. Приведены для снаряженных ДТС.

- **база дорожно-транспортного средства.** Для двухосных автомобилей и прицепов – расстояние между центрами передней и задней осей, многоосных ДТС – это расстояние между всеми осями через знак, «плюс», начиная с первой оси. Для одноосных полуприцепов – расстояние от шкворня до центра оси. Для многоосных полуприцепов дополнительно указывается база тележки (тележек) через знак «+».

- **тормозной путь.** Приведен для испытаний типа «Ноль» (проверка при холодных тормозах с полной нагрузкой).

- **контрольный расход топлива.** Этот параметр служит для проверки технического состояния ДТС и не является нормой расхода топлива. Определяется для ДТС полной массы на горизонтальном участке дороги с твердым ровным покрытием при установившемся движении с указанной скоростью. Режим «городской цикл» (имитация городского движения) проводится по специальной методике (ГОСТ 20306-90 «Топливная экономичность ДТС. Номенклатура показателей и методы испытаний»).

- **мощность и крутящий момент двигателя.** Приведены по ГОСТ 14846-81 в комплектации «брутто» (без навесного оборудования) или «нетто» (двигатель с оборудованием, устанавливаемый на автомобиль) – отмечается особо для каждой конкретной модели. (Для справки: 1 кВт = 1,36 л.с.: 1 Нм = 0,098 кгсм).

- **давление в шинах.** Для легковых автомобилей, малотоннажных грузовых и автобусов, изготовленных на базе агрегатов легковых и прицепов к ним допускается отклонение от указанного на $\pm 0,1 \text{ кгс/м}^2$, для грузовых автомобилей, автобусов и прицепного состава к ним – на $\pm 0,2 \text{ кгс/см}^2$.

- **угол свободного поворота рулевого колеса (люфт).** Приведен при положении колес для движения по прямой. Для рулевых управлений с усилителями – при работающем двигателе на малых оборотах холостого хода.

- **радиус поворота.** Приведен по оси следа внешнего (относительно центра поворота) переднего колеса, в также наружный габаритный.

- **координаты центра тяжести ДТС.** Приведены для снаряженного состояния.

- **дорожные просветы.** Низшие точки под передними и задними мостами.

- **расстояние от подушки сиденья до внутренней обивки потолка** легковых автомобилей. Замеряется в прогнутом состоянии подушки под действием массы трехмерного манекена (75,6 кг) с помощью выдвижного щупа манекена (ГОСТ 20304-85).

- **ремни безопасности.** Все выпускаемые легковые автомобили оборудованы ремнями безопасности передних и задних сидений. В автобусах и грузовых автомобилях наличие их указывается для каждой конкретной модели особо.

1.2. Лабораторное оборудование

- 1) Автомобили ЗАЗ-11026, ЗиЛ-130, ВАЗ-2101, РАФ-2203.
- 2) Рулетка 10 м.

1.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

1) На автомобиле по заданию преподавателя определить место нахождения двигателя, трансмиссии, ходовой части, рулевого управления, тормозной системы и панели управления.

2) Заэскизировать расположение основных узлов заданного автомобиля.

3) Произвести измерения следующих статических параметров: габаритные размеры, базу, колею передних и задних колес, радиус шин, дорожный просвет.

4) Пользуясь справочной литературой составить техническую характеристику заданного автомобиля.

1.4. Содержание отчета

- 1) Эскиз автомобиля с указанием расположения основных узлов автомобиля и измеренных геометрических размеров.
- 2) Техническая характеристика автомобиля.

1.5. Контрольные вопросы

- 1) Перечислить основные узлы автомобиля и местоположения их на заданном автомобиле.
- 2) Перечислить преимущества и недостатки данной компоновочной схемы автомобиля.
- 3) Дать определение технических характеристик автомобиля.
- 4) Перечислить основные размерные параметры автомобиля.
- 5) Классифицировать ДТС по предоставленному индексу.

Лабораторная работа № 2

ОРГАНЫ УПРАВЛЕНИЯ ДОРОЖНО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Цель работы: изучение органов управления, панели приборов, назначения сигнальных лампочек и стрелочных показывающих приборов, расположенных на панели приборов и анализировать их показания, на примере органов управления автомобилями ЗАЗ-11026, ВАЗ-2110, КамАЗ-4310 (4 часа).

2.1. Теоретический раздел

Расположение органов управления автомобиля ЗАЗ-11026 показано на рис. 2.1:

- 1 – рычаг переключателей указателей поворота, стояночных бортовых огней и света фар;
- 2 – выключатель света фар;
- 3 – выключатель заднего противотуманного света;
- 4 – выключатель наружного освещения;
- 5 – рулевое колесо;
- 6 – рычаг переключателя стеклоочистителя и омывателей ветрового стекла;
- 7 – выключатель аварийной сигнализации;
- 8 – выключатель обогрева заднего стекла;
- 9 – центральные сопла системы вентиляции и отопления салона;
- 10 – рычаг управления краном отопителя;
- 11 – ручка переключателя работы электровентилятора отопителя;
- 12 – место для установки магнитолы;
- 13 – ручка замка дверцы вещевого ящика;
- 14 – боковые сопла системы вентиляции и отопления салона;
- 15 – рычаг привода замка капота двигателя;
- 16 – гидрокорректор фар с ручной регулировкой;
- 17 – крышка блоков предохранителей;
- 18 – выключатель зажигания;
- 19 – выключатель звукового сигнала;
- 20 – патрон подключения переносной лампы;
- 21 – педаль управления механическим приводом выключения механизма сцепления;
- 22 – педаль управления гидравлическим приводом рабочей тормозной системы;
- 23 – рукоятка управления воздушной заслонкой карбюратора;

- 24 – педаль акселератора (управления приводом дроссельной заслонки карбюратора);
 25 – электроприкуриватель;
 26 – рычаг управления приводом стояночной тормозной системы;
 27 – рычаг управления приводом переключения ступеней коробки перемены передач (КПП);
 28 – пепельница.

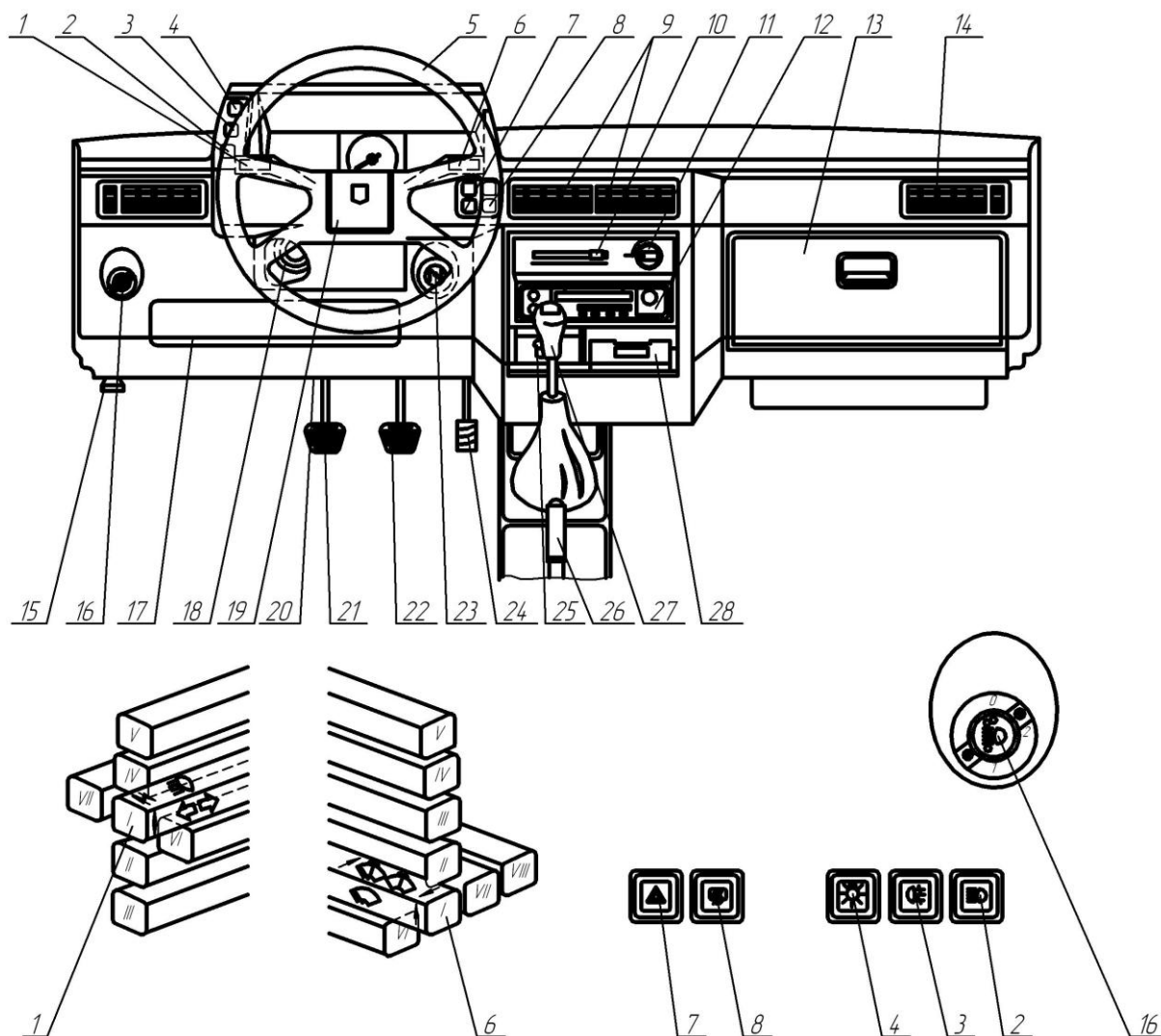


Рис. 2.1. Органы управления автомобиля ЗАЗ-11026

- На рис. 2.2 изображена комбинация приборов автомобиля ЗАЗ-11026:
 1 – комбинация приборов;
 2 – контрольная лампа (с зеленым светофильтром) сигнализации о включении габаритного освещения;
 3 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о прекращении заряда аккумуляторной батареи;

4 – контрольная лампа (с зеленым светофильтром) сигнализации о включении противотуманных огней;

5 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации о включении обогрева заднего стекла;

6 – контрольная лампа (с зеленым светофильтром) сигнализации о включении дальнего света фар;

7 – контрольная лампа (с зеленым мигающим светофильтром) сигнализации о включении левого указателя поворота;

8 – шкала спидометра;

9 – суммирующий счетчик пройденного пути;

10 – табло «STOP». Загорается красным светом при включении зажигания одновременно с лампами 14 и 3. После пуска двигателя табло и лампы должны гаснуть. Загорание табло одновременно с одной из ламп 12, 13, 14, 15 и 17 свидетельствует о неисправности системы и необходимости ее устранения. Без устранения неисправности при горении одной из ламп 12, 13, 14 и 15 – движение запрещено;

11 – контрольная лампа (с зеленым мигающим светофильтром) сигнализации включения правого указателя поворота;

12 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации о недостаточном уровне охлаждающей жидкости в расширительном бачке;

13 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации о недостатке уровня масла в картере двигателя;

14 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о недостаточном давлении масла в системе смазки двигателя;

15 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации аварийного состояния рабочей тормозной системы;

16 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о включении стояночной тормозной системы;

17 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации об остатке в баке резерва топлива;

18 – эконометр – прибор, показывающий расход топливно-воздушной смеси по разрежению во впускном коллекторе;

19 – указатель уровня топлива в баке;

20 – вольтметр (отображает напряжение бортовой сети автомобиля);

21 – указатель температуры жидкости в системе охлаждения двигателя;

22 – кнопка включения ламп диагностики с целью контроля их состояния при включении зажигания.

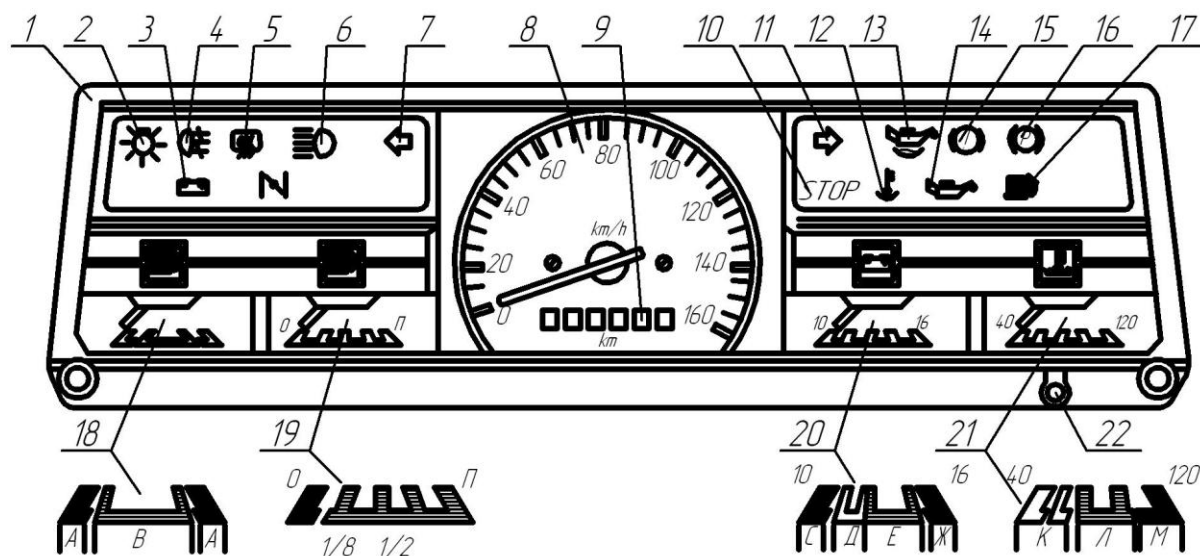


Рис. 2.2. Комбинация приборов автомобиля ВАЗ-11026

Расположение органов управления автомобиля ВАЗ-2110 показано на рис. 2.3:

- 1 – сопло обдува стекла передней двери;
- 2 – боковые сопла системы вентиляции и отопления салона;
- 3 – переключатель наружного освещения (первое фиксированное положение – включение габаритных огней и фонарей освещения заднего номерного знака, второе – включение фар наружного освещения);
- 4 – выключатель передних противотуманных фар;
- 5 – комбинация приборов;
- 6 – контрольная лампа включения заднего противотуманного света;
- 7 – выключатель заднего противотуманного света;
- 8 – контрольная лампа обогрева заднего стекла;
- 9 – выключатель обогрева заднего стекла;
- 10 – регулятор освещения приборов (регулируется яркость освещения приборов и подсветка символов);
- 11 – индикатор состояния (предназначен для считывания кода с кодовых ключей);
- 12 – рычаг переключателя очистителей и омывателей стекол;
- 13 – центральные сопла системы вентиляции и отопления салона;
- 14 – рычаг управления приводом лопаток центрального сопла;
- 15 – выключатель рециркуляции;
- 16 – выключатель кондиционера;
- 17 – рычаг управления заслонками системы отопления;
- 18 – указатель устанавливаемой температуры;
- 19 – ручка задатчика температуры;
- 20 – указатель положения ручки управления электровентилятором;

- 21 – ручка управления электровентилятором;
- 22 – контроллер системы автоматического управления отопителем;
- 23 – выключатель аварийной сигнализации;
- 24 – выключатель очистителей и омывателей фар (работает при включенном свете фар);
- 25 – сопло обдува ветрового стекла;
- 26 – крышка вещевого ящика;
- 27 – часы;
- 28 – нижние сопла системы вентиляции;
- 29 – блок индикации бортовой системы контроля;
- 30 – крышка гнезда магнитолы;
- 31 – прикуриватель;
- 32 – передняя пепельница;
- 33 – облицовка тоннеля пола;
- 34 – блоки управления;
- 35 – рычаг управления стояночной тормозной системой;
- 36 – рычаг управления приводом переключения ступеней коробки перемены передач (КПП);
- 37 – патрон подключения переносной лампы;
- 38 – педаль акселератора;
- 39 – выключатель зажигания;
- 40 – педаль управления гидравлическим приводом рабочей тормозной системы;
- 41 – педаль управления механическим приводом выключения механизма сцепления;
- 42 – рукоятка регулировки наклона рулевой колонки (для выбора положения рулевой колонки отпустить рукоятку вниз);
- 43 – выключатель звукового сигнала;
- 44 – крышка монтажного блока;
- 45 – кнопка замка монтажного блока;
- 46 – гидрокорректор фар (корректировка угла наклона пучка света фар);
- 47 – рулевое колесо;
- 48 – ручка привода замка капота;
- 49 – выключатель привода замка двери багажного отделения;
- 50 – рычаг привода заслонки бокового сопла;
- 51 – рычаг переключателя указателей поворота и света фар;
- 52 – контрольная лампа (с оранжевым световым фильтром) сигнализации о недостаточном уровне масла в картере двигателя (в блок индикации бортовой системы контроля введена 10-минутная задержка на показания уровня масла в картере двигателя);

53 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о незакрытой левой передней двери;

54 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о незакрытой правой передней двери;

55 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации об износе накладок колодок передних колесных тормозов (толщина накладок менее 1,5 мм);

56 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации о неисправности ламп стоп-сигнала и габаритных огней;

57 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о не пристегнутых ремнях безопасности водителя;

58 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о не закрытой правой задней двери;

59 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о не закрытой левой задней двери;

60 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации о недостаточном уровне омывающей жидкости в бачке (менее 1 л омывающей жидкости);

61 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации о недостаточном уровне охлаждающей жидкости в расширительном бачке.

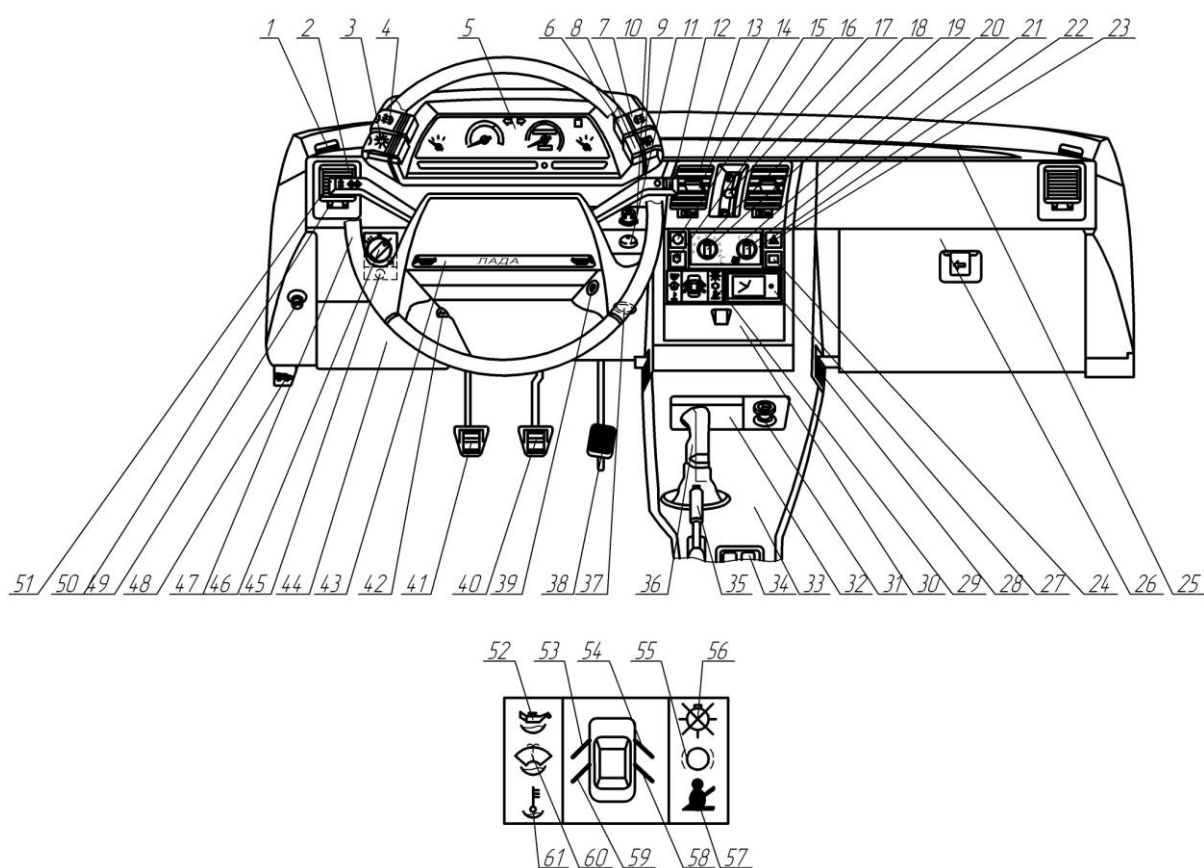


Рис. 2.3. Органы управления легкового автомобиля ВАЗ-2110

На рис. 2.4 изображена комбинация приборов, устанавливаемая на автомобиль ВАЗ-2110:

- 1 – указатель температуры охлаждающей жидкости;
- 2 – шкала указателя температуры охлаждающей жидкости;
- 3 – красная зона перегрева двигателя;
- 4 – шкала тахометра;
- 5 – контрольная мигающая лампа (с зеленым светофильтром) сигнализации о включении указателей поворота по левому борту;
- 6 – контрольная мигающая лампа (с зеленым светофильтром) сигнализации о включении указателей поворота по правому борту;
- 7 – шкала спидометра;
- 8 – суммирующий счетчик пройденного пути;
- 9 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) сигнализации об остатке в баке резерва топлива (4...6,5 л);
- 10 – указатель уровня топлива;
- 11 – шкала указателя уровня топлива;
- 12 – контрольная лампа (с синим светофильтром) сигнализации о включении дальнего света фар;
- 13 – контрольная лампа включения аварийной сигнализации;
- 14 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации аварийного состояния рабочей тормозной системы (уровень тормозной жидкости в бачке гидропривода тормозов ниже отметки «MIN»);
- 15 – кнопка установки на ноль суточного счетчика пройденного пути;
- 16 – суточный счетчик пройденного пути;
- 17 – контрольная лампа (с оранжевым светофильтром) «CHECK ENGINE» (загорание при включении зажигания – самотестирование системы впрыска топлива; при работающем двигателе – возникновение неисправности в системе);
- 18 – контрольная лампа (с красным светофильтром) заряда аккумуляторной батареи (загорается при включении зажигания и гаснет после пуска двигателя; яркое загорание или свечение в полнакала при работающем двигателе указывает на слабое натяжение (обрыв) ремня привода генератора или неисправность в цепи заряда, а возможно самого генератора);
- 19 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о включении стояночной тормозной системы;
- 20 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о недостаточном давлении масла в системе смазки двигателя;
- 21 – резервная контрольная лампа;
- 22 – контрольная лампа (с зеленым светофильтром) сигнализации о включении габаритного света.

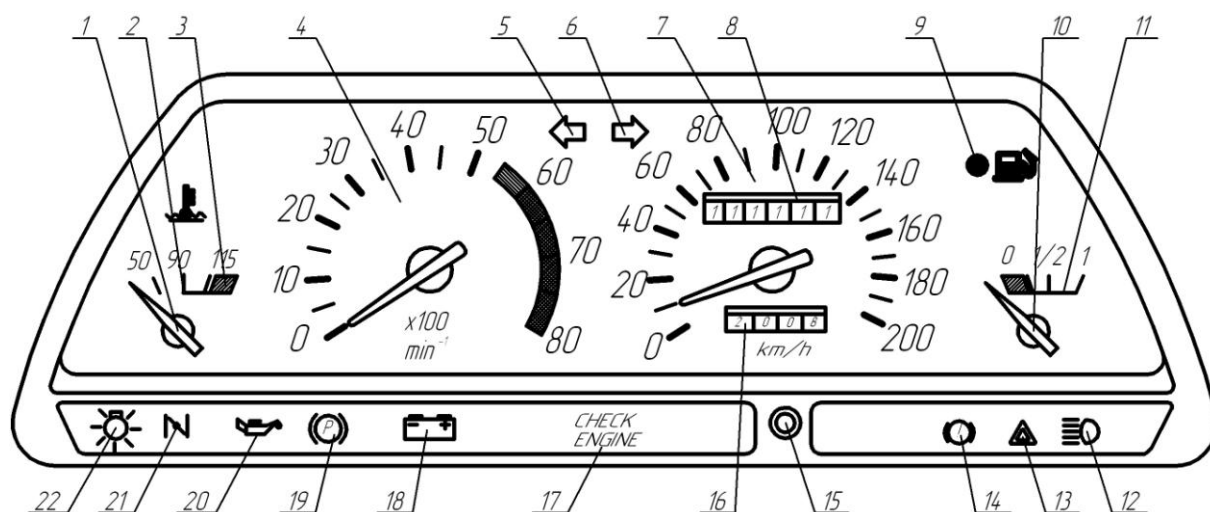


Рис. 2.4. Комбинация приборов легкового автомобиля ВАЗ-2110

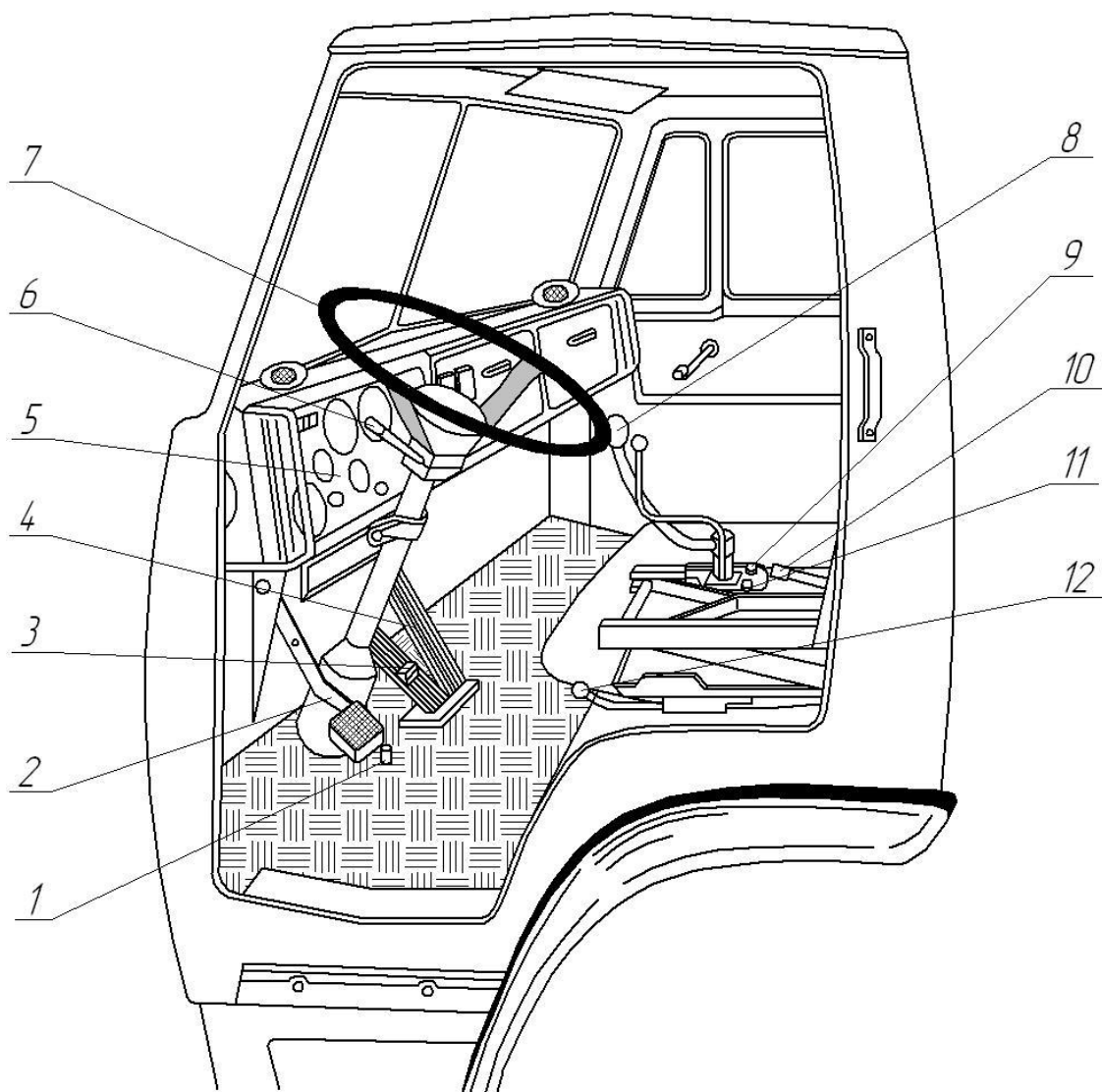


Рис. 2.5. Органы управления автомобиля семейства КамАЗ

На рис. 2.5 изображены органы управления грузового автомобиля семейства КамАЗ:

- 1 – кнопка крана управления вспомогательной тормозной системой;
- 2 – педаль управления приводом выключения механизма сцепления;
- 3 – педаль управления пневматическим приводом рабочей тормозной системы;
- 4 – педаль управления приводом подачи топлива;
- 5 – панель приборов;
- 6 – комбинированный переключатель;
- 7 – рулевое колесо;
- 8 – рычаг управления приводом переключения ступеней коробки перемены передач (КПП);
- 9 – рукоятка останова двигателя;
- 10 – рукоятка управления стояночной и запасной тормозными системами;
- 11 – рукоятка управления подачей топлива;
- 12 – рычаг механизма продольного перемещения сидения водителя.

На рис. 2.6 изображена панель приборов автомобиля семейства КамАЗ:

- 1, 10 – выключатели проверки исправности контрольных ламп сигнализации (сигнализаторов);
- 2 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о готовности к работе электро-факельного устройства (ЭФУ);
- 3, 4 – контрольные лампы (с зеленым светофильтром) сигнализации о включении указателей правого и левого поворота тягача и прицепа и контроля исправности ламп указателей;
- 5 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о включении механизма блокировки межосевого дифференциала;
- 6 – резервная контрольная лампа;
- 7 – контрольная лампа сигнализации о включении механизма подъема платформы прицепа (автомобиль КамАЗ-55102);
- 8 – шкала спидометра;
- 9 – шкала тахометра;
- 11 – контрольная лампа (с красным светофильтром) сигнализации о засоренности фильтрующих элементов фильтра очистки масла;
- 12, 13, 14, 15 – контрольные лампы (с красным светофильтром) сигнализации о падении давления воздуха в первом, втором, третьем и четвертом контурах пневмопривода тормозных систем соответственно. Включение лампы сопровождается звуковым сигналом (зуммером);
- 16 – контрольная мигающая лампа (с красным светофильтром) сигнализации о включении стояночной тормозной системы;

- 17 – шкала манометра, показывающего давление в первом и втором контуре рабочей тормозной системы;
- 18 – шкала указателя температуры охлаждающей жидкости;
- 19 – регулятор освещения панели приборов;
- 20 – амперметр;
- 21 – выключатель коробки отбора мощности (установлен только на автомобилях моделей 55111, 55102);
- 22 – переключатель управления лебедкой (установлен только на автомобиле КамАЗ-4310);
- 23 – шкала указателя уровня топлива;
- 24 – шкала указателя давления масла (манометр);
- 25 – рукоятка выключателя аварийной сигнализации;
- 26 – выключатель ЭФУ;
- 27 – шкала манометра, показывающего давление в шинах (установлен только на автомобиле КамАЗ-4310).

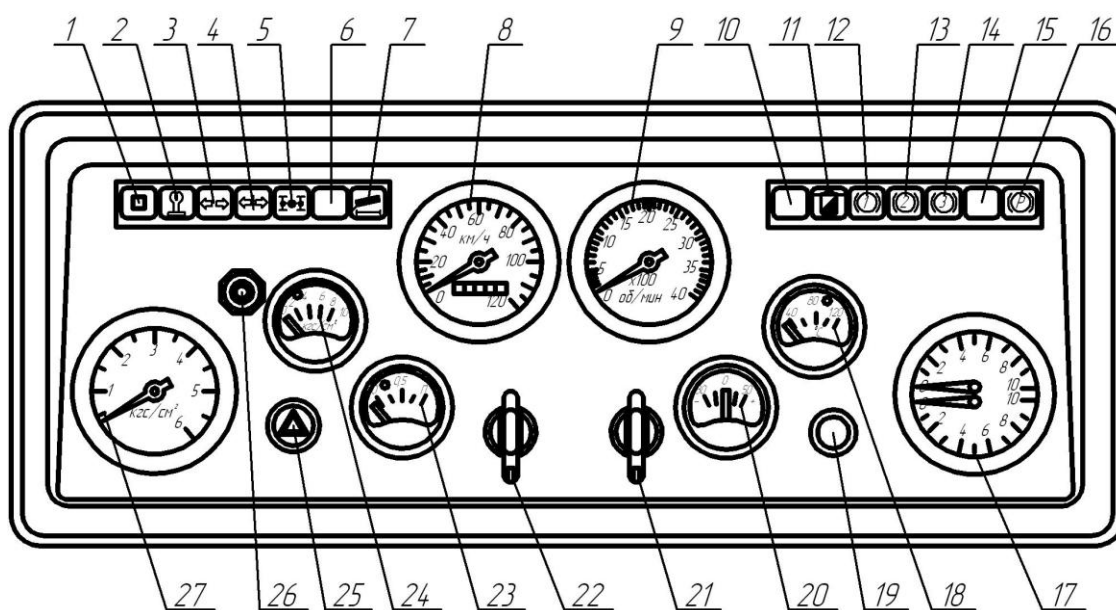


Рис. 2.6. Комбинация приборов автомобиля семейства КамАЗ

- Панель контрольно-измерительных приборов показана на рис. 2.7:
- 1 – комбинация приборов;
 - 2 – пепельница;
 - 3 – панель;
 - 4 – вещевой ящик;
 - 5 – кнопка выключения электронагревателя предпускового подогревателя;
 - 6 – переключатель предпускового подогревателя;
 - 7 – кнопка включения аккумуляторных батарей;

- 8 – замок выключателя приборов электрооборудования и стартера;
 9 – рукоятка управления жалюзи радиатора;
 10 – рычаг включения механизма блокировки межосевого дифференциала;
 11 – кнопка крана аварийного растормаживания;
 12 – рычаг управления краном отопителя;
 13 – рукоятка управления заслонками воздухораспределителей;
 14 – индикатор засоренности воздухоочистителя;
 15 – переключатель электродвигателей отопителя;
 16 – выключатель фонарей автопоезда;
 17 – переключатель стеклоомывателя;
 18 – переключатель механизма подъема платформы на подъем и опускание (только для автомобилей моделей 55111, 55102);
 19 – переключатель электромагнита распределителя гидросистемы либо на тягач, либо на прицеп (только для автомобиля КамАЗ-55102);
 20 – переключатель стеклоочистителя;
 21 – выключатель противотуманных фар;
 22 – выключатель плафона освещения кабины;
 23 – заглушка.

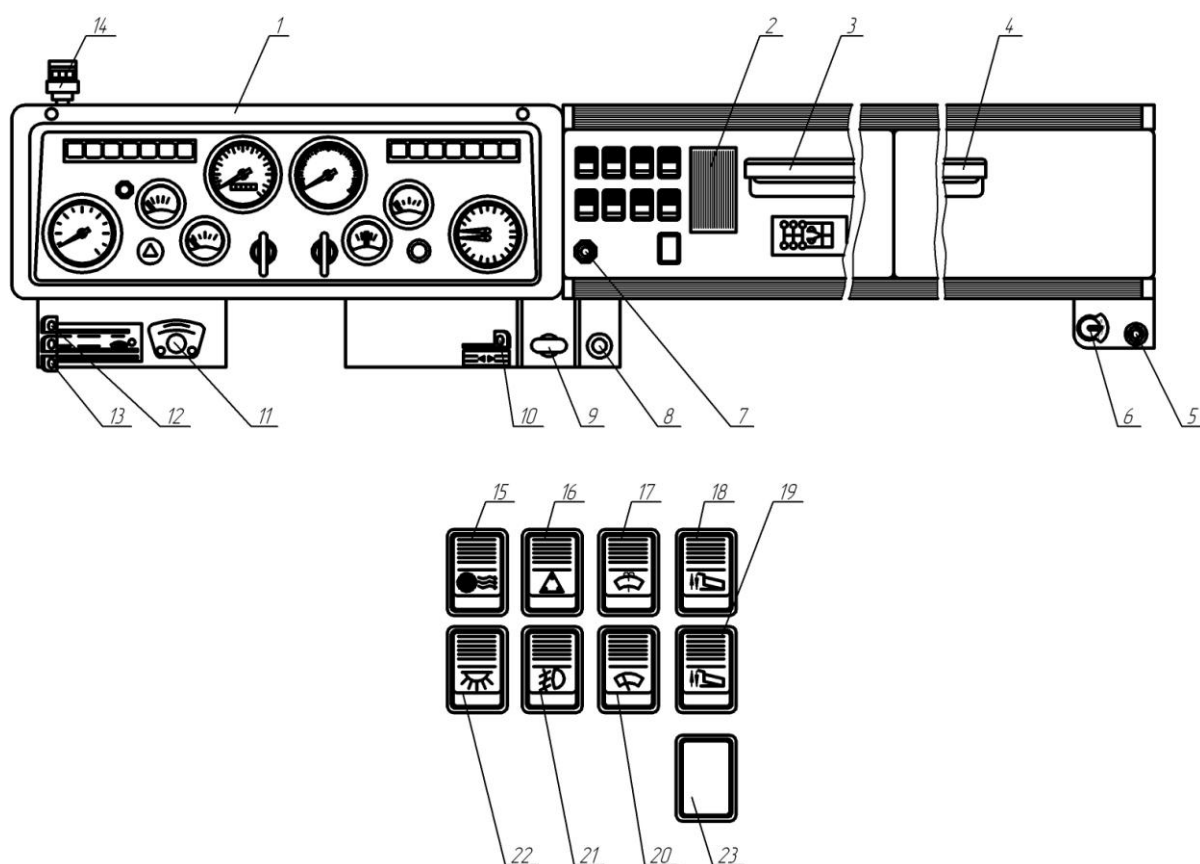


Рис. 2.7. Панель контрольно-измерительных приборов автомобиля семейства КамАЗ

В данной лабораторной работе определяются следующие параметры: расположение и назначение органов управления, показания датчиков и контрольных ламп.

2.2. Лабораторное оборудование

1) Автомобили: ЗАЗ-11026, ВАЗ-2110, КамАЗ-4310.

2.3. Порядок выполнения работы

1) Заэскизировать комбинацию приборов, органы управления рассматриваемых автомобилей.

2) Определить место нахождения основных органов управления и изучить их назначение.

3) Изучить условные обозначения на приборной панели автомобиля.

2.4. Содержание отчета

1) Эскиз комбинации приборов.

2) Эскиз расположения органов управления.

2.5. Контрольные вопросы

1) Перечислить названия органов управления заданного автомобиля.

2) Перечислить условные обозначения систем на приборной панели автомобиля.

3) Что означает включение заданной контрольной лампы световой сигнализации на комбинации приборов автомобиля?

4) Какие лампы световой сигнализации свидетельствуют о неисправности заданной системы автомобиля?

Лабораторная работа № 3

ИССЛЕДОВАНИЕ СЦЕПНЫХ СВОЙСТВ ПРОТЕКТОРА ШИНЫ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы:

- изучение зависимости коэффициента сцепления шины с дорожным покрытием и состояния протектора (2 часа);
- изучение пятна контакта шины с дорожным покрытием (2 часа).

3.1. Теоретический раздел

Сила тяги на ведущих колёсах реализуется через соответствующую силу сцепления, создаваемую при взаимодействии колёс с дорогой. При отсутствии поперечных сил максимальное значение силы сцепления определяют по формуле

$$P_{сц} = \varphi_x \cdot Z, \quad (3.1)$$

где φ_x – коэффициент сцепления; Z – нормальная реакция дороги, Н.

Движение автомобиля обеспечивается лишь тогда, когда сила сцепления по величине равна силе тяги или больше её. Когда это условие не выдержано и сила тяги превышает силу сцепления, ведущие колёса начинают буксовать.

Под действием статической и динамической нагрузки автомобильная шина взаимодействует с поверхностью дороги по эллиптической в плане контактной площадке. При этом крутящий момент и радиальная нагрузка на ось создаёт на поверхности контакта нормальное и касательное напряжения, величина которых и определяет силу сцепления колеса с поверхностью дороги. Масса автомобиля, приходящаяся на ведущие колёса, называется сцепным весом. Так как на поверхности колеса имеется рисунок в виде выступающих элементов протектора, то на сцепные свойства поверхности колеса будет влиять характер состояния протектора (рисунок, износ, расположение и т.д.). На сцепные свойства влияет также состояние и вид дорожного покрытия.

Сцепление шины с дорогой связано с нежелательным трением. Расширение и сжатие воздуха в шине, взаимное перемещение частиц резины и воздуха вызывает трение между ними. Поэтому к точке контакта шины с дорогой всё время подходят сжатые элементы шины, а от точки контакта отходят наоборот растянутые. Поэтому в зоне контакта происходит некоторый сдвиг отдельных частиц шины относительно дороги и, как следствие трение скольжения. Так как трение скольжения меньше трения покоя

то сила сцепления уменьшается. Проскальзывание приводит к износу протектора.

Кроме того, набегая на дорогу, участки протектора сплющиваются, резина заполняет углубления поверхности дороги и рисунка протектора, вытесняя из них воздух, и как бы присасываются к дороге. На отрыв шины от дороги требуется дополнительная сила.

Средние эксплуатационные значения коэффициента сцепления шин с дорогой, приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1 - Значения коэффициента сцепления при скорости движения 40 км/ч

Тип дорожного покрытия	Состояние дорожного покрытия	
	сухое	мокрое
Асфальтобетонное, цементное	0.7 – 0.8	0.35 – 0.45
Булыжник	0.6 – 0.7	0.4 – 0.5
Щебёночное	0.6 – 0.7	0.3 – 0.4
Грунтовая дорога	0.5 – 0.6	0.2 – 0.4
Песчаная дорога	0.2 – 0.3	0.4 – 0.5
Суглинок	0.4 – 0.5	0.2 – 0.4
Укатанный снег	0.2 – 0.3	0.2 – 0.3
Рыхлый снег	–	0.2 – 0.4
Обледенелая дорога	0.1 – 0.2	0.1 – 0.2

Повышение коэффициента сцепления может быть достигнуто в ущерб другим качествам шины. Пример тому – стремление повысить сцепление с мокрой дорогой увеличением дренажирования рисунка. Однако расчленение рисунка снижает прочность элементов протектора. С учётом климатических и дорожных условий в ряде стран установлены минимальные значения коэффициента сцепления в пределах 0,4...0,6.

Диапазон изменения коэффициента сцепления в зависимости от конструкции шины различен для разных дорожных условий. При движении по твёрдым, ровным, сухим дорогам, коэффициенты сцеплений шин с различными конструктивными элементами близки, и абсолютные величины их зависят в основном от вида и состояния дорожного покрытия, свойств протекторных резин. Рисунок протектора в этих условиях оказывает наибольшее влияние на сцепление. Увеличение насыщенности рисунка обычно повышает сцепление. Влияние рисунка протектора весьма велико при качении шины с мокрым покрытием благодаря лучшему вытеснению воды с площади контакта, а также благодаря повышению удельного давления. Ускорению выхода воды с площади контакта способствует расширение канавок, спрямление их, уменьшение ширины выступов. Сцепление улучшается при более вытянутых выступах рисунка протектора, а наименьший – при квадратных и круглых выступах. Щелевидные канавки не имеют

больших проходных сечений, но создают значительные удельные давления на краях и как бы вытирают дорогу. При удалении влаги возникают условия сухого и полусухого трения, что резко повышает коэффициент сцепления. При снижении высоты выступов рисунка протектора удаление воды из зоны контакта замедляется из-за уменьшения проходных сечений канавок и соответственно ухудшается сцепление шины с дорогой.

Большое влияние на аквапланирование оказывает также тип рисунка протектора. При продольной ориентации рисунка аквапланирование наступает при меньшей скорости и при меньшей толщине водяного слоя, чем при преобладании поперечной ориентации.

Большое значение, особенно на больших скоростях, имеет толщина слоя воды на поверхности покрытия. При скорости свыше 100...120 км/ч и толщине слоя воды 2,5...3,8 мм даже неизношенный протектор с выступами полной высоты не обеспечивает отвода воды с площади контакта с дорогой. В результате коэффициент сцепления становится меньше 0,1. Материал протектора практически не влияет на сцепление шины с дорогой при аквапланировании, однако при скоростях, меньших скорости аквапланирования, в зонах контакта полусухого и сухого трения свойства резины оказывают заметное влияние.

При движении по мягким грунтам сцепление шины зависит от поверхностного трения о грунт, сопротивления срезу грунта, защемлённого во впадинах и от глубины колеи.

Большое значение для сцепления шины с дорогой имеют конструктивные параметры рисунка протектора, когда грунт неоднороден и когда в верхней части расположен более мягкий слой, а в нижней сравнительно твёрдый. При движении по мягким вязким грунтам сцепление в большей мере зависит от самоочищаемости рисунка протектора, что может оцениваться скоростью вращения колеса, при которой из впадин рисунка грунт выбрасывается центробежной силой. На самоочищаемость колеса влияют факторы, относящиеся к свойствам грунта и конструктивным параметрам шины.

Шины обычной и повышенной проходимости различаются рисунком протектора. Обычные шины, предназначенные для работы на дорогах с твёрдым покрытием, имеют мелкий рисунок в виде продольных зигзагообразных канавок и рёбер (рис. 3.1, а), который обеспечивает бесшумность при движении автомобиля, высокую износостойкость протектора и достаточную сопротивляемость заносу.

Для эксплуатации на дорогах с твёрдым покрытием и грунтовых на автомобиле устанавливают шины с универсальным рисунком протектора (рис. 3.1, б). Более крупная насечка по боковинам значительно улучшает проходимость таких шин на грунтовых дорогах. Однако при движении по дорогам с твёрдым покрытием увеличивается износ шин. Такой рисунок

обеспечивает хорошее движение на грунтовых, мокрых, грязных и заснеженных дорогах с твёрдым покрытием.

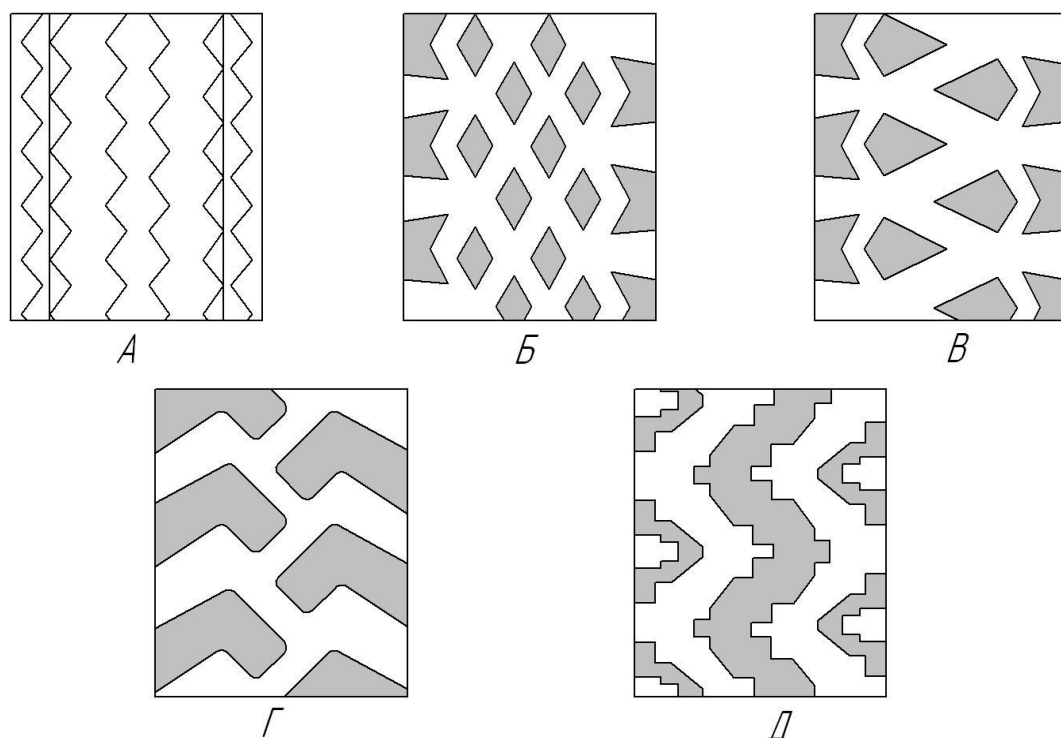


Рис. 3.1. Типы рисунков протекторов

Для шин повышенной проходимости характерно использование высоких грунтозацепов (рис. 3.1, в, г), обеспечивающих хорошее сцепление с грунтом и самоочищение колёс от грязи и снега. Такие шины применяют при езде по бездорожью. При движении по хорошим дорогам такой рисунок протектора создаёт дополнительный шум и увеличивает износ шин. Применяют также зимний (рис. 3.1, д) рисунок протектора, обеспечивающий наилучшее сцепление шин с дорогой при работе на скользких дорогах. Однако сухой песок и сухой снег не уплотняется протектором с крупными грунтозацепами, а наоборот разрыхляется. Поэтому часто при езде в таких условиях, например на вездеходах, применялись почти гладкие шины.

Коэффициент сцепления является исходным показателем для оценки предельно возможных сил взаимодействия колес с дорогой. Так как на величину коэффициента сцепления влияет большое число факторов, то для расчетов используют средние значения коэффициента сцепления (табл. 3.1), полученные экспериментальным путем.

При экспериментальном определении коэффициента сцепления автомобиль тягач посредством троса со встроенным в него динамометром буксирует динамометрическую тележку, колеса которой заторможены. Заме-

рив по показаниям динамометра силу P_x , необходимую для равномерного движения, и зная вес тележки G , определяют коэффициент сцепления как

$$\varphi_x = \frac{P_x}{G}. \quad (3.2)$$

Способность нормально нагруженного колеса воспринимать или передавать касательные силы при взаимодействии с дорогой является одним из важнейших качеств, способствующих движению автомобиля. Хорошее сцепление колеса с дорогой повышает: управляемость, устойчивость, тормозные свойства, т.е. безопасность движения. Недостаточное сцепление, как показывает статистика, является причиной 5...10 % дорожно-транспортных происшествий при движении по сухим дорогам и до 25...40 % по мокрым.

3.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 3.2) состоит из образца дорожного покрытия 1 (бетон, щебень, песок), образца протектора 2 (неизношенного и изношенного), устанавливаемого на ползуне 3, на который устанавливаются грузы нормальной нагрузки 4. Ползун с протектором и грузами приводится в движение через динамометр 5, закрепляемый к тросу 6.

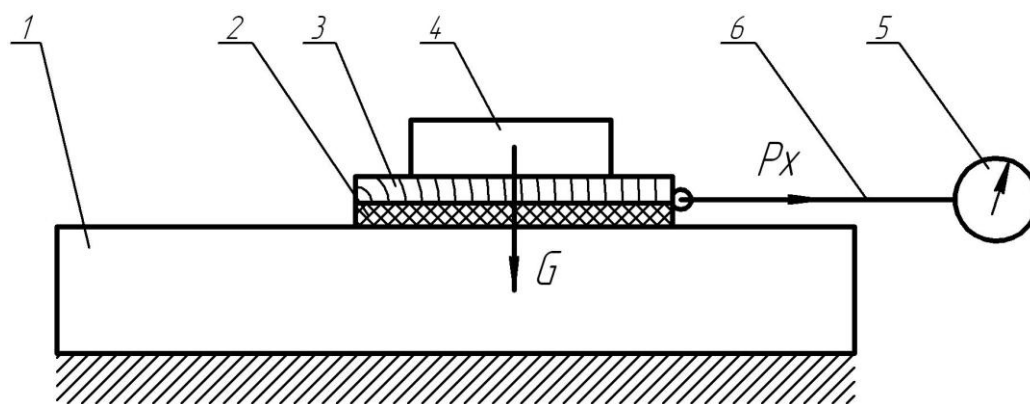


Рис. 3.2. Схема лабораторной установки

3.3. Порядок выполнения работы

1. Определение коэффициента сцепления проводится в следующей последовательности:

- 1) закрепить на ползуне элемент протектора;
- 2) установить на ползуне грузы нормальной нагрузки;
- 3) с помощью динамометра определить общий вес грузов, ползуна и элемента протектора G , результаты измерений занести в таблицу;

4) установить ползун с элементом протектора и грузами на образец дорожного покрытия;

5) с помощью динамометра, прикрепленного к тросику привести ползун в равномерное движение;

6) замерить силу P_x с помощью динамометра при равномерном движении ползуна. Опыты производить с разными грузами;

7) в ходе лабораторной работы производится определение коэффициента сцепления для нового и изношенного протектора на разных дорожных покрытиях, при разной нормальной нагрузке. Результаты измерений заносятся в табл. 3.2.

2. Определение пятна контакта шины с дорожным покрытием проводить в следующей последовательности:

1) установить автомобиль на ровную поверхность;

2) включить стояночную систему и противооткатные упоры;

3) вывесить колесо с помощью домкрата;

4) очистить поверхность шины от грязи, пыли и посторонних элементов;

5) на очищенную поверхность нанести индикаторное вещество;

6) на предполагаемое место контакта протектора с дорожным полотном поместить лист бумаги;

7) опустить колесо до полного соприкосновения протектора с листом бумаги;

8) вывесить колесо;

9) извлечь полученный отпечаток протектора;

10) опустить автомобиль.

3.4. Порядок выполнения теоретических расчетов

1. Рассчитать для каждого типа дорожного покрытия среднее значение силы $\bar{P}_x$ по формуле

$$\bar{P}_x = \frac{P_{xi}}{3}. \quad (3.3)$$

2. Рассчитать коэффициент сцепления для каждого покрытия по формуле

$$\varphi_x = \frac{\bar{P}_x}{G}. \quad (3.4)$$

Таблица 3.2 - Результаты измерений и вычислений

Дорожное покрытие	Протектор	Вес груза, G, Н	Результаты измерений, Рх, Н			$\bar{P}_x$, Н	$\varphi_x = \frac{\bar{P}_x}{G}$	$\bar{\varphi}_x$
			1	2	3			
Бетон сухой	Новый							
	Изношенный							
Бетон мокрый	Новый							
	Изношенный							
Щебень	Новый							
	Изношенный							
Песок	Новый							
	Изношенный							

3. Определить коэффициент полноты рисунка протектора

$$K_{\Pi} = \frac{S_{оп}}{S_{полн}}, \quad (3.5)$$

где $S_{оп}$ – площадь контакта протектора шины с дорожным покрытием, м²;
 $S_{полн}$ – площадь контакта шины с дорожным покрытием, м².

При $K_{\Pi} = 0,7 \dots 0,8$ – дорожные шины; $K_{\Pi} = 0,4 \dots 0,6$ – шины повышенной проходимости.

4. Оценить возможность движения шины по дорожному покрытию:

а) найти среднее удельное давление шины на грунте

$$q_{ср} = \frac{G_{оп}}{S_{оп}}. \quad (3.6)$$

б) сравнить среднее удельное давление шины на дорожное покрытие с пределом несущей способности

$$q_{CP} \leq q_{GP}, \quad (3.7)$$

где q_{GP} – предел несущей способности дорожного покрытия, Н/м².

Таблица 3.3 - Значение пределов несущей способности дорожных покрытий

Тип дорожного покрытия	q_{GP} , Н/м ²
Песок сухой/влажный	150000/420000
Глина сухая/влажная	1050000/2000000
Грунт укатанный	1850000
Снег	50000

3.5. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Схема проведения эксперимента.
- 3) Таблица 3.2 с результатами измерений и вычислений.
- 4) Отпечаток пятна контакта протектора автомобиля, содержащий расчет площадей.
- 5) Перечислить факторы, влияющие на величину коэффициента сцепления и силу сцепления.
- 6) Выводы по работе: сравнить полученные значения с табличными, описать зависимость коэффициента сцепления от типа дорожного покрытия и от степени износа протектора.

3.6. Контрольные вопросы

- 1) Дать определение коэффициента сцепления.
- 2) Перечислить факторы, влияющие на величину коэффициента сцепления.
- 3) Опишите явления, происходящие при сцеплении шины с дорогой.
- 4) Почему при буксовании коэффициент сцепления меньше чем при качении?
- 5) Чем отличается сцепление на твердом покрытии и деформируемом покрытии?
- 6) Описать экспериментальный метод определения коэффициента сцепления.
- 7) Дать определение коэффициента полноты рисунка протектора.

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы:

- изучение методики определения коэффициента сопротивления качению шин автомобиля (2 часа);
- исследование зависимости коэффициента сопротивления качению шин от нагрузки и давления в шинах (2 часа).

4.1. Теоретические сведения

Шина соприкасается с дорогой бесконечно большим числом точек. В каждой из них на шину действует бесконечно малая сила – элементарная реакция дороги. Равнодействующую элементарных сил, действующих со стороны дороги на колесо в области контакта, называют реакцией дороги. Элементарную пространственную реакцию можно представить в виде трех составляющих, нормальной dZ , перпендикулярной к дороге, касательной dX , действующей в плоскости дороги и в плоскости колеса, и поперечной dY , лежащей в плоскости дороги и перпендикулярной к плоскости колеса.

При качении упругого колеса по горизонтальной твердой дороге элементарные нормальные реакции dZ дороги и их равнодействующая Z расположены вертикально. Во время качения колеса между частями шины возникает трение, выделяющееся тепло рассеивается и работа, затрачиваемая на деформацию шины, возвращается не полностью при последующем восстановлении первоначальной формы шины.

Замеряя при увеличении вертикальной нагрузки P_z деформацию шины Δ_{III} , получают зависимость, изображенную в виде кривой okl (рис. 4.1), в случае уменьшения вертикальной нагрузки тем же деформациям шины соответствуют меньшие значения нагрузок (кривая lmn). Площадь петли $oklmn0$ представляет собой в определенном масштабе работу, связанную с необратимыми потерями в шине (гистерезисом). При качении колеса деформации в передней части шины увеличиваются, а в задней – уменьшаются. Поэтому элементарные нормальные реакции в передней части контакта больше, чем в задней (рис. 4.2), а линия действия равнодействующей Z смещена относительно вертикального диаметра вперед на расстояние a_{III} .

Смещение a_{III} в основном вызвано внутренним трением в шине. Оно увеличивается при увеличении числа слоев корда, толщины протектора и ширины обода колеса и уменьшается при увеличении внутреннего давления воздуха в шине.

В результате смещения нормальной реакции возникает момент $Za_{ш}$, для уравнивания которого к колесу необходимо приложить равный, но противоположно направленный момент M . Сцепление колеса с дорогой в этом случае необязательно. Так, например, если вывести из равновесия автомобиль, стоящий на ровной и очень скользкой дороге (мокрый гладкий лед), то при отсутствии других сопротивлений энергия понадобится лишь для восполнения гистерезисных потерь в шинах.

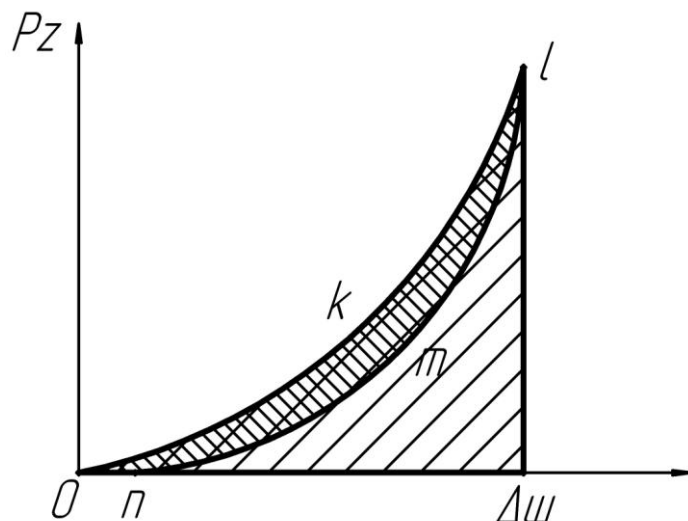


Рис. 4.1. Гистерезисные потери в шине

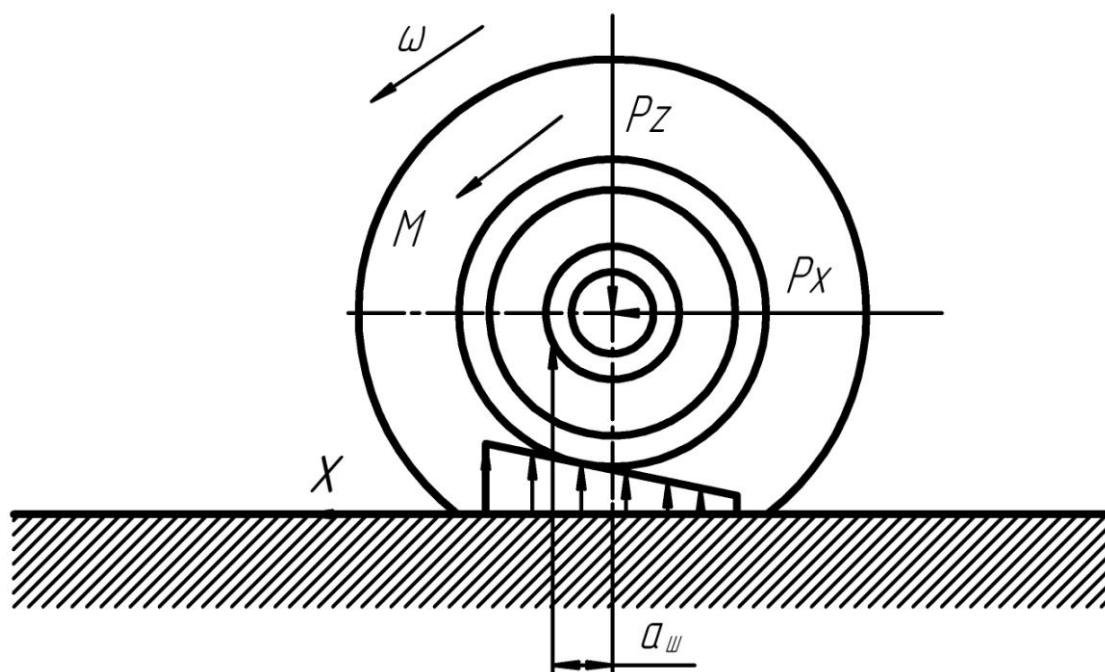


Рис. 4.2. Качение колеса по твердому дорожному покрытию

Уравновесить момент внутренних потерь в шине при $M = 0$ можно так же, приложив к оси колеса толкающую силу P_x , которая вместе с силой сцепления образует пару. Величина силы P_x равна

$$P_x = \frac{a_{ш}}{r} \cdot Z. \quad (4.1)$$

Сцепление шины с дорогой в этом случае необходимо. При отсутствии сцепления колесо под действием силы P_x скользит по дороге, не вращаясь. Если же сила сцепления меньше силы P_x , колесо катится и одновременно проскальзывает по дороге.

При качении деформируемого колеса по мягкой дороге энергия затрачивается на преодоление внутреннего трения в шине (рис. 4.3), деформацию дороги и на трение шины о грунт. Шина врезается в грунт, выдавливает его в стороны и спрессовывает отдельные частицы, образуя колею. Элементарные реакции dR_d , в каждой точке протектора перпендикулярны поверхности контакта и расположены наклонно. Поэтому и суммарная реакция R_d наклонена к вертикали под некоторым углом γ_d . В основном работа на уплотнение дороги затрачивается при накатывании шины на деформируемый грунт, что приводит к увеличению реакций dR_d в передней части контакта и уменьшению их в задней. В результате реакция дороги R_d смещается вперед относительно вертикального диаметра на расстояние a . Это смещение можно представить в виде смещения $a_{ш}$, вызванного гистерезисными потерями в шине, и смещения a_d , обусловленного затратами энергии на образование колеи.

Если колесо катится под действием толкающей силы P_x , то из уравнения моментов всех сил относительно точки A получим:

$$P_x = \frac{a}{r} \cdot Z. \quad (4.2)$$

Отношение a/r называют коэффициентом сопротивления качению и обозначают буквой f . Согласно предыдущему равенству:

$$f = \frac{a}{r} = \frac{P_x}{Z}. \quad (4.3)$$

Коэффициент сопротивления качению численно равен отношению силы, вызывающей равномерное качение колеса, к нормальной реакции дороги.

Силой сопротивления качению P_k называют произведение $f \cdot Z$.

Моментом сопротивления качению M_k называют произведение:

$$M_K = P_K \cdot r = f \cdot Z \cdot r. \quad (4.4)$$

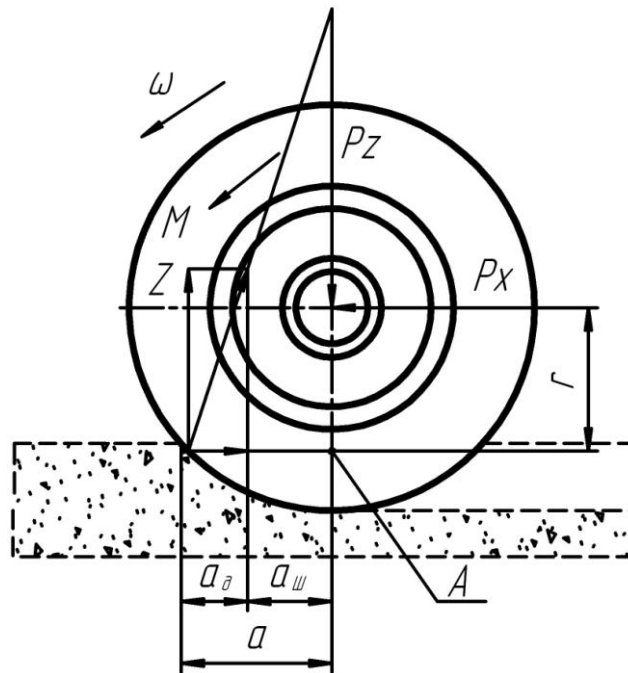


Рис. 4.3. Качение колеса по деформируемому дорожному покрытию

Сопротивление качению шины по дороге является следствием затрат энергии на гистерезисные (внутренние) потери в шине, а также на образование колеи и поверхностное трение (внешние потери). В действительности энергия затрачивается на восполнение как внутренних, так и внешних потерь, но вследствие сложности учета всех факторов сопротивление качению оценивают по суммарным затратам энергии, условно считая силу сопротивления качению внешней по отношению к автомобилю.

Величину коэффициента f определяют при лабораторных или дорожных испытаниях. При лабораторных испытаниях используют стенды с беговыми барабанами. Однако на них испытывают не автомобиль, а отдельное колесо, приводимое во вращение электродвигателем. Во время дорожных испытаний автомобиль-тягач буксирует свободно катящийся автомобиль или специальную тележку, соединенные с тягачом при помощи троса и динамометра. Чтобы исключить влияние сопротивления воздуха, испытание проводят на небольшой скорости (10...12 км/ч). Средние экспериментальные значения коэффициента сопротивления качению колес приведены в табл. 4.1.

Сила, нагружающая динамометр:

$$P_x = f_1 \cdot Z_1 + f_2 \cdot Z_2, \quad (4.5)$$

где Z_1 и Z_2 – нормальные реакции на переднюю и заднюю оси буксируемого автомобиля, кг; f_1 и f_2 – коэффициенты сопротивления качению передних и задних колес.

Таблица 4.1 - Средние экспериментальные значения коэффициента сопротивления качению колес

Тип дорожного покрытия	Состояние дорожного покрытия	Значение коэффициента
Асфальтобетон	хорошее	0.014 – 0.018
	удовлетворительное	0.018 – 0.020
Каменная мостовая		0.023 – 0.030
Гравий		0.020 – 0.025
Грунт	сухой, укатанный	0.025 – 0.035
	после дождя	0.050 – 0.150
Суглинок	сухой	0.040 – 0.060
	мокрый	0.100 – 0.200
Песок	сухой	0.040 – 0.060
	влажный	0.100 – 0.200
Снег	укатанный	0.030 – 0.050
	рыхлый	0.030 – 0.100
Обледенелая дорога		0.010 – 0.030

4.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная установка (рис. 4.4) включает в себя лебедку 1, с намотанным на нее тросом 2. Лебедка жестко закреплена на дорожном покрытии. Динамометр ДОСМ 3, закрепляется на буксировочном кронштейне автомобиля 4 одной из своих тяг. Конец троса крепится к другой тяге. Для измерения давления воздуха в шинах используется манометр.

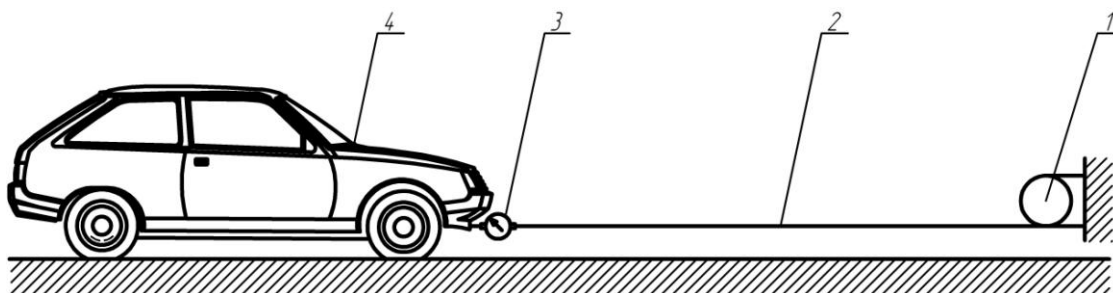


Рис. 4.4. Схема проведения экспериментов

4.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

1) Исследование зависимости коэффициента сопротивления качению от массы автомобиля.

1.1) Установить автомобиль на ровной горизонтальной площадке с асфальтобетонным покрытием, выключить двигатель, включить нейтральную передачу, полностью отпустить стояночный тормоз.

1.2) Установить давление в шинах 0,2 МПа. Давление проконтролировать с помощью манометра.

1.3) С помощью линейки измерить статический радиус колеса и длину пятна контакта протектора шины с дорожным полотном.

1.4) Автомобиль с помощью лебедки привести в движение и снять показание динамометра. Показания занести в табл. 4.2.

1.5) Провести опыты с 1, 2, 3, 4 и 5 пассажирами.

Таблица 4.2 - Результаты исследования зависимости коэффициента сопротивления качению от массы автомобиля

Масса автомобиля, M , кг	Вес автомобиля, G , Н	Касательная реакция, P_x , Н	Статический радиус колеса, r_c , м	Длина пятна контакта, $L_{ПК}$, м	Коэффициент сопротивления качению, f_{Π}

2) Исследование зависимости коэффициента сопротивления качению от давления в шинах.

2.1) Установить давление в шинах 0,2 МПа, повторить пункты 1.3, 1.4.

2.2) Результаты измерений занести в табл. 4.3.

2.3) Опыты проводить с давлением в шинах, приведенным в табл. 4.3.

Таблица 4.3 - Результаты исследования зависимости коэффициента сопротивления качению от давления в шинах автомобиля

Давление в шинах, P , мПа	Вес автомобиля, G , Н	Касательная реакция, P_x , Н	Статический радиус колеса, r_c , м	Длина пятна контакта, $L_{ПК}$, м	Коэффициент сопротивления качению, f_{Π}

4.4. Порядок выполнения теоретических расчетов

1) Рассчитать для каждого опыта практический коэффициент сопротивления качению по формуле

$$f = \frac{P_x}{G}. \quad (4.6)$$

2) Построить графики зависимостей $f = f(G)$ и $f = f(P)$.

4.5. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Схема проведения эксперимента.
- 3) Таблицы с результатами измерений и вычислений.
- 4) Выводы по работе: сравнить теоретические данные с практическими, объяснить характер зависимостей коэффициента сопротивления качению от вертикальной нагрузки и давления в шинах.

4.6. Контрольные вопросы

- 1) Дать определение коэффициенту сопротивления качению.
- 2) От чего зависит значение коэффициента сопротивления качению?
- 3) Чем отличается качение колеса по твердому покрытию и деформируемому дорожным покрытиям?
- 4) Описать процесс образования гистерезисных потерь.
- 5) Изобразить схему качения колеса по твердому покрытию.
- 6) Изобразить схему качения колеса по деформируемому дорожному покрытию.

Лабораторная работа № 5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ АВТОМОБИЛЯ МЕТОДОМ ВЫБЕГА

Цель работы:

- изучение методики определения коэффициента сопротивления качению шины автомобиля методом выбега (2 часа);
- исследование зависимости коэффициента сопротивления качению шины от скорости автомобиля (2 часа).

5.1. Теоретический раздел

Часто, для определений коэффициента сопротивления качению f используют метод выбега, который заключается в следующем. Во время движения автомобиля водитель выключает передачу, вследствие чего автомобиль движется по инерции (накатом) до полной остановки. При малой скорости кинетическая энергия автомобиля расходуется главным образом на преодоление сопротивления качению. Замеряя путь или время движения автомобиля в определенном интервале скоростей, определяют величину коэффициента сопротивления качению f_B по формуле

$$f_B = \frac{1.05 \cdot \left(\frac{V_a}{3.6} \right)^2}{2 \cdot g \cdot S}, \quad (5.1)$$

где V_a – скорость автомобиля в точке начала выбега, км/ч; S – путь до полной остановки, м; g – ускорение свободного падения ($9,81 \text{ м/с}^2$).

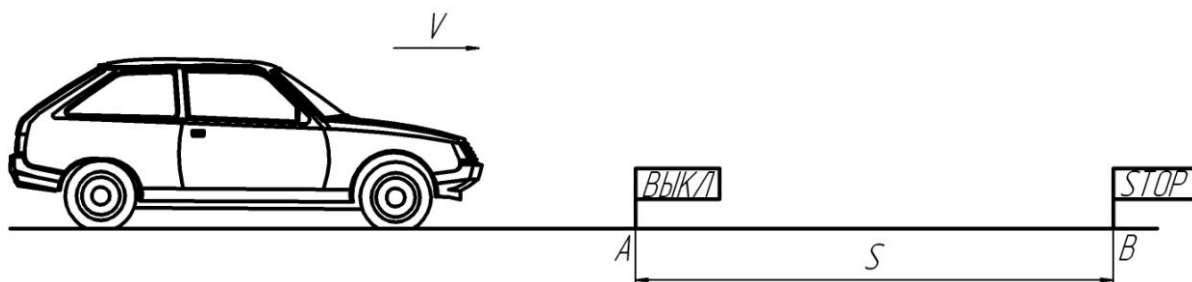


Рис. 5.1. Схема проведения эксперимента

При увеличении скорости коэффициент сопротивления качению f заметно увеличивается, так как шина не успевает полностью распрямиться в области контакта, вследствие чего возвращается не вся энергия, затраченная на деформацию шины. Кроме того, при увеличении скорости де-

формации возрастает внутреннее трение в покрышке, также вызывающее увеличение коэффициента сопротивления качению f . Для определения этой величины в зависимости от скорости пользуются эмпирической формулой

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{20000} \right), \quad (5.2)$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению при движении с малой скоростью (табл. 4.1).

5.2. Описание лабораторного оборудования

- 1) Автомобиль.
- 2) Рулетка.

5.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

1) На участке дороги с асфальтобетонным покрытием разогнать автомобиль до скорости 10 км/ч и в точке, отмеченной флажком (точка А, рис. 5.1) выключить скорость (при этом сцепление не отпускать до полной остановки автомобиля);

- 2) После остановки автомобиля измерить путь S ;
- 3) Повторите опыты с разгоном до 20, 30, 40, 50 и 60 км/ч;
- 4) Результаты измерений занести в табл. 5.1.

5.4. Порядок выполнения теоретических расчетов.

- 1) Вычислить значение f_B по формуле 5.1, результаты занести в табл. 5.1.
- 2) Рассчитать силу сопротивления качению:

$$P_K = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{20000} \right) \cdot G, \quad (5.3)$$

где G – вес от полной массы автомобиля, Н.

3) Рассчитать мощность, затрачиваемую автомобилем для преодоления силы сопротивления качению по формуле

$$N_K = \frac{f \cdot G \cdot V_a}{3600}. \quad (5.4)$$

- 4) Построить графики зависимости $f = F(V_a), P_K = F(V_a), N_K = F(V_a)$.

Таблица 5.1 - Результаты вычислений и измерений

V_a , км/ч	S , м	f_B	f	P_K , Н	N_K , кВт
10					
20					
30					
40					
50					
60					
70					
80					
90					
100					

5.4.1. Определение теоретического коэффициента сопротивления качению, силы сопротивления качению и мощности, затрачиваемой на преодоление силы сопротивления качению для заданного автомобиля.

- 1) Выбрать автомобиль по указанию преподавателя.
- 2) Выбрать из технической характеристики автомобиля:
 - максимальную скорость движения $V_{\max}$, км/ч;
 - максимальную мощность, развиваемую двигателем при движении $N_{\max}$, кВт;
 - полную массу, кг.
- 3) Выбрать тип дорожного покрытия для движения заданного автомобиля.
- 4) Рассчитать теоретический коэффициент сопротивления качению автомобиля по формуле 5.2:

$$f_i = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_i^2}{20000} \right),$$

где V_i – скорость движения автомобиля, км/ч (табл. 5.2).

- 5) Рассчитать силу сопротивления качению P_K по формуле 5.3:

$$P_{Ki} = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_i^2}{20000} \right) \cdot G.$$

- 6) Рассчитать мощность N_K , затрачиваемую на преодоление силы сопротивления качению по формуле 5.4:

$$N_{Ki} = \frac{f_i \cdot G \cdot V_i}{3600}.$$

- 7) Результаты расчетов занести в табл. 5.2.

Таблица 5.2 - Результаты расчетов для заданного автомобиля

V_i , км/ч	f_i	P_{Ki} , Н	N_{Ki} , кВт
$V_{\max} - 20$			
$V_{\max} - 10$			
$V_{\max}$			
$V_{\max} + 10$			
$V_{\max} + 20$			

7) Построить графики зависимости $f = F(V_i)$, $P_K = F(V_i)$, $N_K = F(V_i)$ для заданного автомобиля.

5.5. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Схема проведения эксперимента.
- 3) Таблица результатов измерений и вычислений.
- 4) Графики зависимостей $f = F(V_i)$, $P_K = F(V_i)$, $N_K = F(V_i)$.
- 5) Выводы по работе. Указать какая часть мощности двигателя ДТС расходуется на преодоление силы сопротивления качению.

5.6. Контрольные вопросы

- 1) Описать метод выбега.
- 2) Записать расчетную формулу для определения коэффициента сопротивления качению методом выбега.
- 3) Какие допущения принимаются при определении коэффициента сопротивления качению методом выбега?
- 4) Перечислить факторы, влияющие на величину коэффициента сопротивления качению.

Лабораторная работа № 6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБТЕКАЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы – изучение методики определения коэффициента обтекаемости автомобиля и исследование зависимости силы лобового сопротивления от аэродинамических показателей кузова.

6.1. Теоретический раздел

Как всякое тело, движущееся в воздушной среде, автомобиль со стороны воздуха испытывает сопротивление, которое обуславливается двумя факторами: трением, возникающим в пограничных с автомобилем слоях воздуха, и вихреобразованием в окружающих его потоках.

Движущийся автомобиль увлекает за собой непосредственно прилегающий к нему слой воздуха, который воздействует на следующий за ним слой и т.д. Скорость каждого последующего слоя меньше, чем предыдущего, что и вызывает трение между слоями. Чем выше скорость движения автомобиля, тем больше массы воздуха будут участвовать в движении и тем больше суммарная сила трения. Однако при скоростях, с которыми движутся автомобили, сопротивление, вызываемое трением в пограничных с автомобилем слоях воздуха весьма мало, и им можно пренебречь.

Образование вихревых потоков можно представить, предположив, что на неподвижный автомобиль направлен с достаточной скоростью поток воздуха. Ударяясь об автомобиль, струи воздуха изменяют направление своего движения (рис. 6.1).

В результате вихреобразования возникает разрежение воздуха сзади автомобиля, тогда как перед ним воздух несколько уплотняется, вследствие чего создается разность давлений воздуха впереди и сзади.

При скоростях выше 100...120 км/ч на автомобиль начинает действовать так называемая подъемная сила со стороны потока воздуха, находящегося под днищем автомобиля. Эта сила направлена вертикально вверх и стремится оторвать автомобиль от поверхности дороги, в результате чего ухудшается его устойчивость и управляемость. При обтекании с большой подъемной силой, как правило, больше и сила сопротивления воздуха.

Затраты мощности на преодоление сопротивления складывается из следующих составляющих:

- лобовое сопротивление, которое вызвано разностью давлений спереди и сзади движущегося автомобиля (55...60 % всего сопротивления воздуха);

- сопротивление, создаваемое выступающими частями; подножками, крыльями, номерным знаком (10...18 %);
- сопротивление, возникающее при прохождении воздуха через радиатор и подкапотное пространство (10...15 %);
- трение наружных поверхностей о близлежащие слои воздуха (8...10 %);
- сопротивление, вызванное разностью давлений сверху и снизу автомобиля (5...8 %).

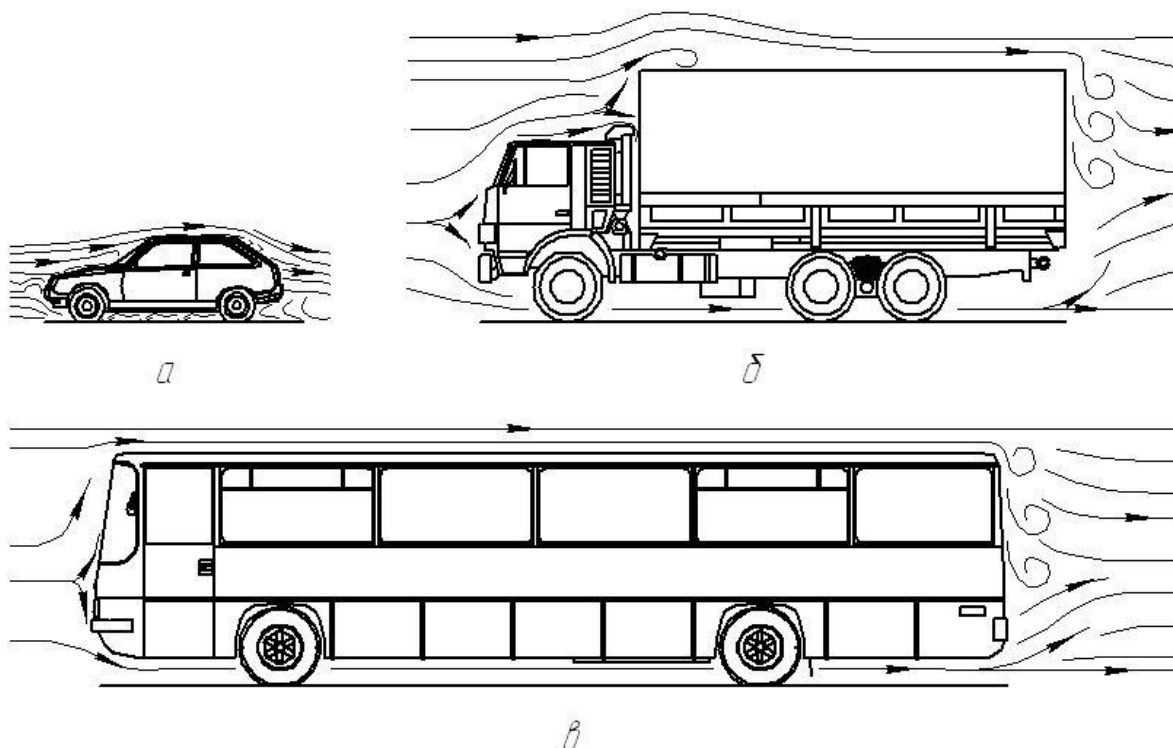


Рис. 6.1. Направление воздушных потоков:
 а – легковых автомобилей с типом кузова хэтчбек;
 б – грузовых бортовых автомобилей обтянутых тентом;
 в – автобусов вагонной компоновки

С целью улучшения обтекаемости и уменьшения сопротивления воздуха ветровое стекло автомобиля располагают наклонно, а выступающие детали устанавливают заподлицо с внешними очертаниями кузова.

Силу сопротивления воздуха у грузовых автомобилей можно уменьшить, закрыв грузовую платформу брезентом, натянутым между крышей кабины и задним бортом, или используя специальные щитки (обтекатели), уменьшающие завихрения воздуха.

Для упрощения расчетов элементарные силы сопротивления воздуха, распределенные по всей поверхности автомобиля, заменяют сосредоточенной силой – силой сопротивления воздуха P_B . Точку приложения силы P_B называют центром парусности автомобиля.

Опытным путем установлено, что сила сопротивления воздуха равна

$$P_B = C_x \cdot F_B \cdot V^2, \quad (6.1)$$

где C_x – коэффициент сопротивления воздуха (коэффициент обтекаемости), зависящий от формы и качества отделки поверхности автомобиля, Нс²/м⁴; F_B – лобовая площадь автомобиля (площадь его проекции на плоскость, перпендикулярную к продольной оси автомобиля), м²; V – скорость потока воздуха (скорость автомобиля), м/с.

Коэффициент обтекаемости C_x численно равен силе сопротивления воздуха в 1 Н, создаваемой одним квадратным метром лобовой площади автомобиля, при его движении со скоростью 1 м/с.

Произведение $C_x \cdot F_B$ называют фактором обтекаемости и обозначают буквой W .

Для определения коэффициента обтекаемости используют метод выбега или методы продувки автомобиля (или его модели) в аэродинамической трубе.

Метод, используемый в лабораторной работе, заключается в следующем.

Очевидно, что коэффициент обтекаемости лобовой площади автомобиля расположенной перпендикулярно потоку воздуха равен единице:

$$C_x = \frac{P_F}{F_B \cdot V^2} = 1, \quad (6.2)$$

где P_F – сила сопротивления воздуха лобовой площади автомобиля, Н.

Подставив (6.2) в (6.1), получим

$$C_x = \frac{P_B}{P_F}. \quad (6.3)$$

6.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная установка (рис. 6.2) представляет собой модель аэродинамической трубы. На основании 1 закреплен электродвигатель 2 и корпус с вентилятором 3. Модель автомобиля 4 закрепляется на подвижной площадке 5. Силу сопротивления воздуха снимают с электронного динамометра 7, соединенного с моделью тросиком 6.

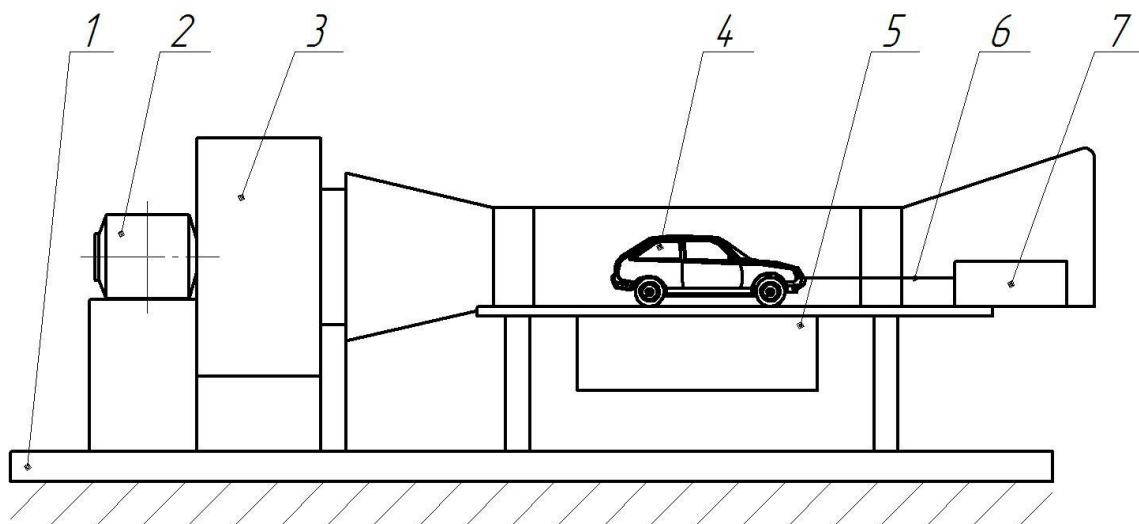


Рис. 6.2. Схема лабораторной установки

6.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

- 1) Вырезать из картона лобовые площади моделей автомобилей.
- 2) Рассчитать приблизительно значение площадей.
- 3) Установить модель на подвижной площадке в рабочей части трубы и закрепить тросик на рычаге динамометра.
- 4) Включить двигатель и снять установившиеся показания силы сопротивления воздуха P_B в пяти различных положениях воздушной заслонки. Значения записать в табл. 6.1.
- 5) Закрепить на подвижной площадке в рабочей части трубы лобовую площадь модели и произвести измерения P_F . Результаты измерений занести в таблицу.
- 6) Произвести действия описанные в п.п 3 - 5 для модели номер 2. Результаты измерений занести в таблицу.

6.4. Порядок выполнения теоретических расчетов

- 1) Рассчитать значения коэффициентов обтекаемости C_{xi} для каждого положения воздушной заслонки.
- 2) Рассчитать среднее значения коэффициентов обтекаемости C_x для каждой модели. Если какое либо значение C_x , значительно отличается от остальных, то при расчете среднего значения его не использовать.
- 3) Из формулы (6.1) рассчитать скорость потока воздуха для каждого положения воздушной заслонки.
- 4) Построить график зависимости $P_B = f(V_i); N_B = f(V_i)$.
- 5) Сделать выводы по работе.

Таблица 6.1 - Результаты измерений и расчетов

Модель	Положение заслонки	Сила сопротивления, Н		Коэффициент обтекаемости C_{xi} , Нс ² /м ⁴	Среднее значение коэффициента обтекаемости C_x , Нс ² /м ⁴	Скорость потока воздуха V , м/с
		P_B	P_F			

6.4.1. Определение силы сопротивления воздуха и мощности, затрачиваемой на преодоление силы сопротивления воздуха для заданного автомобиля.

- 1) Выбрать автомобиль по указанию преподавателя.
- 2) Выбрать из технической характеристики автомобиля:
 - максимальную скорость движения V_{max} , км/ч;
 - габаритную ширину (колею колес), м;
 - габаритную высоту, м.
 - максимальную мощность, кВт.
- 3) Выбрать для своего автомобиля коэффициент сопротивления воздуха C_x (табл. 6.2).

Таблица 6.2 - Значения коэффициента сопротивления воздуха для различных автотранспортных средств

Автотранспортное средство		Коэффициент сопротивления воздуха, C_x , Нс ² /м ⁴
Легковые автомобили		0,2-0,35
Автобусы	капотной компоновки	0,45-0,55
	вагонной компоновки	0,35-0,45
Грузовые автомобили	бортовые	0,5-0,7
	с кузовом фургон	0,5-0,6
Автоцистерны		0,55-0,65
Автопоезда		0,85-0,95
Гоночные автомобили		0,15-0,2

- 4) Рассчитать лобовую площадь автомобиля F_B , м²:

Для легковых автомобилей

$$F_B = 0,78 \cdot III \cdot B, \quad (6.4)$$

где III – габаритная ширина автомобиля, м; B – габаритная высота автомобиля, м.

Для грузовых автомобилей

$$F_B = K' \cdot B, \quad (6.5)$$

где K' – колея передних колес, м.

5) Рассчитать фактор обтекаемости W , Нс²/м².

$$W = C_X \cdot F_B. \quad (6.6)$$

6) Рассчитать силу сопротивления воздуха P_B для различной скорости движения автомобиля, Н:

$$P_{Bi} = W \cdot V_i^2, \quad (6.7)$$

где V_i – скорость движения автомобиля, м/с² (табл. 6.3).

7) Рассчитать мощность N_B , затрачиваемую на преодоление силы сопротивления воздуха, кВт:

$$N_{Bi} = \frac{P_{Bi} \cdot V_i}{1000}. \quad (6.8)$$

8) Результаты расчетов занести в табл. 6.3.

Таблица 6.3 - Результаты расчетов для заданного автомобиля

V_i , м/с	P_{Bi} , Н	N_{Bi} , кВт
$V_{\max} - 5$		
$V_{\max} - 2,5$		
$V_{\max}$		
$V_{\max} + 2,5$		
$V_{\max} + 5$		

9) Построить графики зависимости $P_B = F(V_i)$, $N_B = F(V_i)$ для заданного автомобиля.

6.5. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Схема проведения эксперимента.

- 3) Таблицы результатов измерений и вычислений 6.1 и 6.3.
- 4) Графики зависимости $P_B = f(V_i); N_B = f(V_i)$.
- 5) Выводы по работе.

6.6. Контрольные вопросы

- 1) На какие составляющие делится сила аэродинамического сопротивления?
- 2) Дать определение коэффициента обтекаемости.
- 3) Записать формулы для определения силы аэродинамического сопротивления и коэффициента обтекаемости.
- 4) Какие факторы влияют на величину силы аэродинамического сопротивления?
- 5) Как можно снизить коэффициент обтекаемости?

Лабораторная работа № 7

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЯГОВО-ДИНАМИЧЕСКИХ КАЧЕСТВ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы:

- изучение методики экспериментального исследования внешней скоростной характеристики автомобиля (2 часа);
- изучение методики исследования динамической характеристики автомобиля (2 часа).

7.1. Теоретический раздел

Динамическим фактором D автомобиля называют отношение разности тяговой силы P_T и силы сопротивлений воздуха P_B к весу автомобиля G_a :

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \quad (7.1)$$

Величина D зависит только от конструктивных параметров автомобиля и поэтому ее можно определить для каждой конкретной его модели. На низших передачах динамический фактор больше чем на высших из-за увеличения силы P_T и уменьшения силы P_B .

Чтобы связать динамический фактор с условиями движения, рассмотрим уравнение силового баланса:

$$P_T = P_K + P_{\Pi} + P_B + P_H = P_d + P_B + P_H, \quad (7.2)$$

где P_K – сила сопротивления качению, Н; P_{Π} – сила сопротивления подъему, Н; P_B – сила сопротивления воздуху, Н; P_H – приведенная сила инерции автомобиля, Н; P_d – сила сопротивления дороги, Н.

Перенесем в уравнении (7.2) силу P_B в левую часть и разделим обе части на вес автомобиля. В результате получим выражение:

$$D = \psi + \frac{\delta_{BP}}{g} \cdot j_a, \quad (7.3)$$

где ψ – суммарный коэффициент сопротивления дороги; $\delta_{BP} = \frac{1}{1.04 + 0.04 \cdot U_{Ki}^2}$ – коэффициент учета вращающихся масс; U_{Ki} – передаточное отношение коробки перемены передач; j_a – ускорение автомобиля, м/с².

При равномерном движении ускорение и замедление равны нулю, следовательно, значение D определяет и величину ψ . Так, например, зна-

чение динамического фактора D при максимальной скорости определяет величину сопротивления дороги ψ_v , которое автомобиль может при этой скорости преодолеть. Максимальный динамический фактор D_{MAX} определяет величину наибольшего дорожного сопротивления ψ_{MAX} преодолеваемого при равномерном движении на первой передаче.

При помощи динамического фактора можно сравнивать динамические свойства автомобилей различных типов. Поэтому при разработке, например, перспективного типажа автомобилей в качестве исходных показателей динамичности принимают максимальную скорость на высшей передаче и максимальный динамический фактор – на первой.

Согласно выражению (7.3) для длительного безостановочного движения автомобиля необходимо соблюдение условия:

$$D \geq \psi. \quad (7.4)$$

Динамический фактор по сцеплению:

$$D_{сц} = \varphi \cdot \frac{G_B}{G_A}. \quad (7.5)$$

Очевидно, движение автомобиля без буксования ведущих колес возможно при соблюдении условия:

$$D_{сц} = D. \quad (7.6)$$

Учитывая также выражение (7.4), получим следующее условие возможности движения автомобиля:

$$D_{сц} \geq D \geq \psi. \quad (7.7)$$

Динамической характеристикой автомобиля называют график зависимости динамического фактора D_a автомобиля с полкой нагрузкой от скорости его движений на различных передачах. Примерный вид динамической характеристики автомобиля с четырехступенчатой коробкой передач показан на рис. 7.1.

Методом динамической характеристики уравнение движения автомобиля решают проще, чем методом силового или мощностного балансов. В этом случае сопоставляют величины динамических факторов по условиям тяги и по условиям сцепления с величиной коэффициента ψ . Так, например, для определения максимальной скорости автомобиля на участке дороги, который характеризуется коэффициентом ψ , нужно на оси ординат динамической характеристики отложить его величину в том же масштабе, что и масштаб D_a , и провести прямую, параллельную оси абсцисс. При этом возможно несколько случаев:

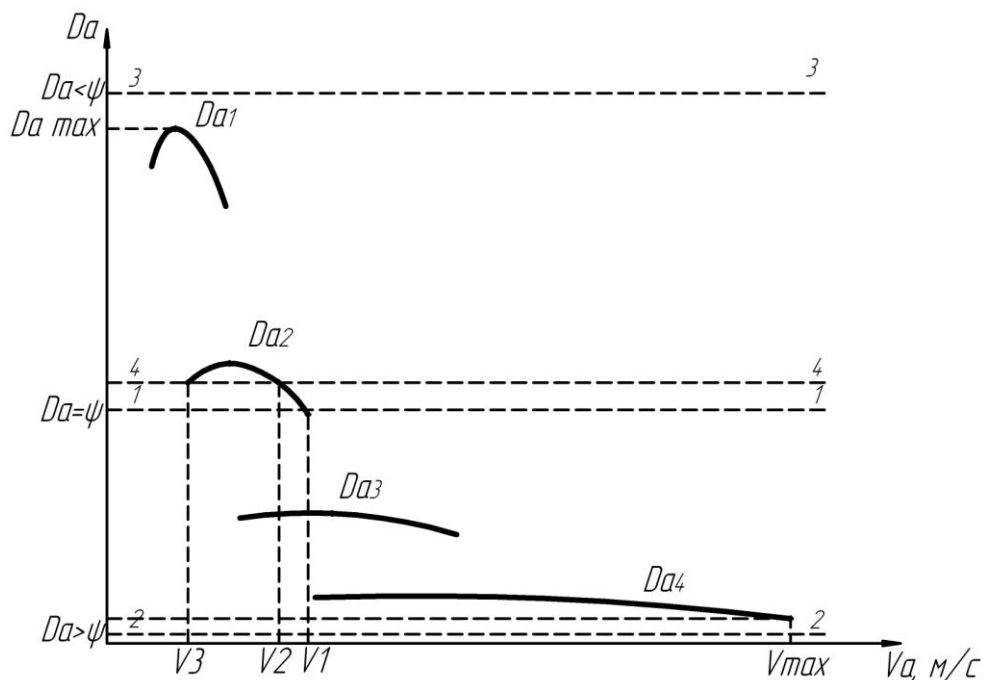


Рис. 7.1. Динамическая характеристика автомобиля

а) если линия ψ пересекает кривую динамического фактора (линия 1-1 на рис. 7.1), то максимальная скорость равна v_1 так как при этой скорости соблюдается условие $D_a = \psi$.

б) если кривая D_a проходит выше линии ψ (линия 2-2), то равномерное движение при полной подаче смеси или топлива в цилиндры двигателя невозможно, так как динамический фактор даже на высшей передаче во всем диапазоне скоростей больше коэффициента ψ . При избытке динамического фактора начнется разгон. Чтобы обеспечить равномерное движение, водитель в этом случае должен прикрыть дроссельную заслонку и тем самым уменьшить крутящий момент двигателя. Тогда максимальное значение скорости автомобиля будет ограничено максимально допустимым числом оборотов двигателя n_{eMAX} .

в) линия 3-3 соответствует случаю, когда $D_a < \psi$. Движение с постоянной скоростью при таком значении коэффициента ψ невозможно и автомобиль может двигаться только замедленно.

г) если линия ψ пересекает кривую D_a в двух точках (линия 4-4), то автомобиль при полностью открытой дроссельной заслонке может двигаться равномерно как со скоростью v_2 , так и со скоростью v_3 . Для равномерного движения со скоростью, большей скорости v_2 и меньшей скорости v_3 нужно уменьшить мощность двигателя, прикрывая дроссельную заслонку.

С помощью динамической характеристики легко решают и обратную задачу, т.е. определяют коэффициент суммарного сопротивления дороги,

преодолеваемого автомобилем при движении с заданной скоростью. Для этого по динамической характеристике определяют величину D_a при указанной скорости и тем самым находят значение ψ .

Если известно значение коэффициента f , то, определив значение ψ , можно найти величину максимального угла подъема, преодолеваемого автомобилем. Так, если коэффициент сопротивления качению равен f , то при движении со скоростью v_1 , автомобиль преодолеет подъем, уклон которого равен:

$$i_1 = \psi_1 - f_1. \quad (7.8)$$

Можно также определить скорость и соответствующую ей величину максимального коэффициента сопротивления дороги ψ_{MAX} преодолеваемого автомобилем на определенной передаче. Очевидно, наибольшее значение коэффициента ψ имеет место при максимальной величине D_a . Поэтому для определения значения ψ_{MAX} нужно провести прямую, параллельную оси абсцисс и касательную к кривой динамического фактора на данной передаче. Отрезок, отсекаемый этой прямой на оси ординат, представляет собой величину D_{aMAX} , а следовательно, и ψ_{MAX} .

7.2. Описание лабораторного оборудования

- 1) Автомобиль ЗАЗ-11026.
- 2) Акселерометр.
- 3) Секундомер.
- 4) Калькулятор.

7.3. Порядок экспериментальных исследований работы

1) На прогретом автомобиле включить первую передачу и разгоняя автомобиль на прямолинейном отрезке пути с заданной скоростью, регистрировать время и текущее значение скорости (по спидометру) и величину ускорения по акселерометру, продолжая движение при полностью открытой дроссельной заслонке до заданной скорости.

2) Данные занести в табл. 7.1.

Каждое измерение повторить три раза.

3) Повторить опыты на второй, третьей, четвертой и пятой передачах, по 3 - 5 значений скоростей для каждой передачи.

Таблица 7.1 - Результаты измерений и вычислений для первой передачи

Первая передача												
Опыт	1			2			3			4		
Скорость, км/ч	0-20			10-30			20-40			30-50		
Время разгона t_i , с												
Ускорение j_i , м/с ²												
Среднее ускоре- ние, j_{MAX} , м/с ²												
Динамический фактор D_a												

7.4. Порядок выполнения теоретических расчетов

7.4.1. Определение мощности двигателя и построение его внешней скоростной характеристики

Расчет эффективной мощности.

Необходимую эффективную мощность двигателя проектируемого автомобиля определяют по указанным в технической характеристике величинами V_{max} , G_a из уравнения мощностного баланса при движении автомобиля с максимальной скоростью

$$N_v = \frac{\psi_v G_a V_{max} + k F V_{max}^3}{1000 \eta_m}, \quad (7.9)$$

где ψ_v – коэффициент сопротивления дороги при максимальной скорости автомобиля (табл. 4.1); G_a – сила тяжести от полной массы автомобиля, Н (см. техническая характеристика автомобиля); V_{max} – максимальная скорость автомобиля, м/с (см. техническая характеристика автомобиля); $kF = W$ – фактор сопротивления воздуха, Нс²/м² (лабораторная работа № 6); η_m – механический КПД трансмиссии (легковые автомобили $\eta_m = 0,88 \dots 0,92$, грузовые автомобили $\eta_m = 0,75 \dots 0,85$).

Скоростная характеристика, полученная при полном дросселе (бензиновый двигатель) или при положении рейки топливного насоса, соответствующем номинальной мощности называется внешней скоростной характеристикой. Любая скоростная характеристика полученная при других положениях органов управления называется частичной скоростной характеристикой.

При проектировании нового двигателя характеристики строят по эмпирическим зависимостям, полученным на основании обработки большого числа опытных данных.

Построение внешней скоростной характеристики.

Мощность N_v соответствует частоте вращения коленчатого вала двигателя ω_v , при которой скорость движения автомобиля будет максимальной.

У дизелей максимальную частоту вращения поддерживает регулятор, обеспечивая равенство

$$\omega_N = \omega_v, N_{\max} = N_v,$$

где $N_{\max}$ – максимальная мощность двигателя; ω_N – частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности.

Частоту вращения при максимальной мощности можно принимать по прототипу или из диапазона:

$$\omega_N = 220 \dots 260 \text{ с}^{-1}.$$

В карбюраторных двигателях легковых автомобилей и автобусов малых классов (без ограничителя частоты вращения) частота вращения ω_v определяется равенством мощности N_T , которая подводится к ведущим колёсам автомобиля и суммой мощностей N_K и N_B , которые необходимы для преодоления автомобилем сопротивления дороги и воздуха. При этом N_v меньше чем $N_{\max}$, а ω_v больше чем ω_N . При проектировании принимают

$$N_{\max} \approx 1,1 N_v; \omega_N = 440 \dots 580 \text{ с}^{-1}.$$

Значение максимальной частоты вращения при этом уточняется после построения кривой мощности.

Для карбюраторных двигателей грузовых автомобилей и автобусов с ограничителями частоты мощность при максимальных оборотах будет равна эффективной мощности

$$N_{\max \text{ об}} = N_v.$$

Рекомендуется построить полную кривую мощности, указав пунктиром участок после включения ограничителя частоты вращения. Значение частоты включения ограничителя принимается сначала ориентировочно по прототипу или из рекомендуемого диапазона, затем после построения кривой мощности окончательно уточняется. При построении кривой мощности двигателя с ограничителем частоты вращения принимают:

$$\omega_{\text{Noб}} = 310 \dots 330 \text{ с}^{-1};$$

$$\omega_N = 1,03...1,04\omega_{\text{Ноб}};$$

$$\omega_{\text{max}} = 1,15...1,20\omega_N;$$

$$N_{\text{max}} = 1,01...1,02 N_V.$$

В лабораторной работе необходимо построить графики изменения мощности, крутящего момента и удельного расхода топлива по приближённым формулам:

$$N_i = N_{\text{max}} \frac{\omega_i}{\omega_N} \left[a + b \frac{\omega_i}{\omega_N} - c \left(\frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^2 \right], \text{ кВт}, \quad (7.10)$$

$$M_k = 1000 \frac{N}{\omega}, \text{ Н·м}, \quad (7.11)$$

$$g = g_N k_N k_\omega, \text{ г/(кВт·ч)}, \quad (7.12)$$

где N_{max} – максимальная мощность двигателя; ω_i – текущие значения частоты вращения коленчатого вала двигателя, с^{-1} . Необходимо принять 10 значений в промежутке от $\omega_{\text{min}} = 80 \text{ с}^{-1}$ до ω_{max} . Минимальную частоту вращения можно принять по прототипу.

ω_N – частота вращения при максимальной мощности, с^{-1} (для карбюраторного двигателя грузового автомобиля $\omega_N = \omega_{\text{Ноб}}$);

N , M_k , g – последовательные значения соответственно мощности, крутящего момента и удельного расхода топлива в зависимости от текущего значения частоты вращения;

a , b , c – постоянные коэффициенты, зависят от типа двигателя (табл. 7.2);

k_N , k_ω – коэффициенты колебания мощности и частоты вращения двигателя для требуемого расхода горючего соответственно, зависят от типа двигателя (табл. 7.3);

g_N – искомый расход горючего, г/(кВт·ч) , при максимальной мощности двигателя, $g_N = 330...360$ в бензиновых двигателях, $g_N = 220...240$ – у дизелей.

Таблица 7.2 - Значение коэффициентов a и b

Коэффициент	Тип двигателя			
	карбюраторный		дизельный	
	легкового автомобиля или автобуса	грузового автомобиля	грузового автомобиля или автобуса	легкового автомобиля
a	0,9	1,0	0,7	0,8
b	1,1	1,0	1,3	1,2

Таблица 7.3 -- Зависимости для коэффициентов k_N и k_ω

Двигатель Коэф.	Дизельный	Карбюраторный
k_N	$1,2 + 0,14N - 1,8N^2 + 1,46N^3$	$3,27 - 8,22N + 9,13N^2 - 3,18N^3$
k_ω	$1,25 - 0,99\omega + 0,98\omega^2 - 0,24\omega^3$	

Результаты расчетов для построения скоростной внешней характеристики двигателя сводят в табл. 7.4.

Таблица 7.4 - Параметры внешней скоростной характеристики двигателя

$\omega_i, \text{с}^{-1}$										
$X_i = \omega_i / \omega_N$										
$n = 30\omega_i / \pi, \text{об/мин}^{-1}$										
$N_i, \text{кВт}$										
$M_{ki}, \text{Н м}$										
k_N										
k_ω										
$g_i, \text{г/(кВт*час)}$										

Образцы внешних скоростных характеристик двигателя показаны на рис. 7.2 - 7.4.

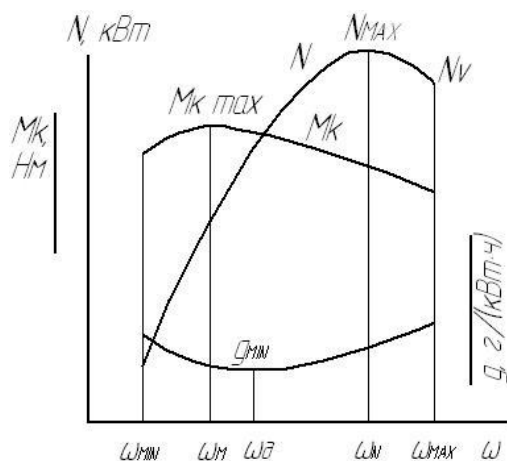


Рис. 7.2. Внешняя скоростная характеристика карбюраторного двигателя легкового автомобиля без ограничителя частоты вращения

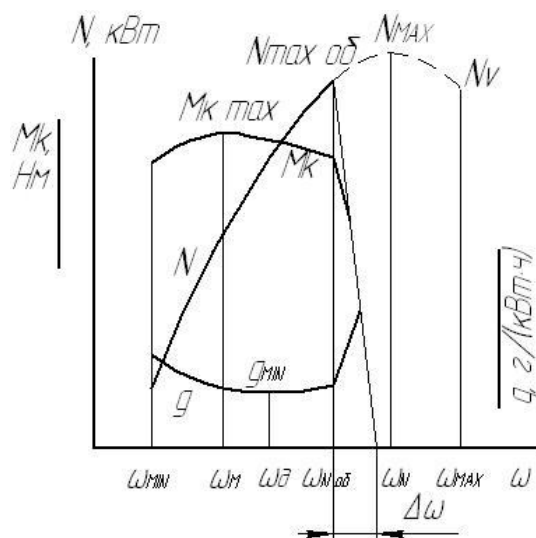


Рис. 7.3. Внешняя скоростная характеристика карбюраторного двигателя легкового автомобиля с ограничителем частоты вращения

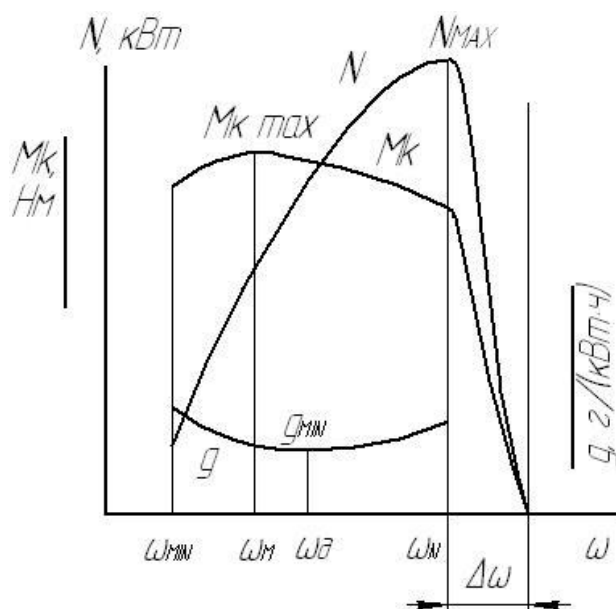


Рис. 7.4. Внешняя скоростная характеристика дизельного двигателя

7.4.2. Определение количества передач и передаточных чисел трансмиссии автомобиля

Минимальное передаточное число назначают из условия обеспечения заданной максимальной скорости движения автомобиля:

$$U_{TP_{min}} = \frac{\omega_{max} \cdot R_k}{V_{max}}, \quad (7.13)$$

где ω_{max} – частота оборотов коленчатого вала двигателя при движении с максимальной скоростью, 1/с; V_{max} – максимальная скорость автомобиля,

м/с; R_K – динамический радиус качения колеса, м; одновременно

$$U_{TP\min} = U_{K\min} \cdot U_{DK\min} \cdot U_0, \quad (7.14)$$

где $U_{K\min}$ – минимальное передаточное число коробки передач; $U_{DK\min}$ – минимальное передаточное число дополнительной коробки (раздаточная коробка, демультипликатор коробки передач); если ее нет принимают $U_{DK\min} = 1,0$; U_0 – передаточное число главной передачи.

Минимальное передаточное число коробки передач и дополнительной коробки можно принять по прототипу.

Если применяется основная коробка передач с наивысшей прямой передачей, то принимают $U_{K\min} = 1,0$. Для двухвальных коробок передач (легковые переднеприводные автомобили) можно принимать $U_{K\min} = 0,7 \dots 0,96$. Если на грузовых автомобилях используется основная коробка передач вместе с дополнительной коробкой (демультипликатором, делителем передач), можно принять $U_{K\min} = 0,71 \dots 0,82$.

Минимальные передаточные числа раздаточных коробок современных грузовых автомобилей лежат в диапазоне $U_{DK\min} = 1,0 \dots 1,4$.

Приняв $U_{K\min}$ и $U_{DK\min}$, вычисляют

$$U_0 = \frac{U_{mp\min}}{U_{K\min} \cdot U_{DK\min}}, \quad (7.15)$$

Максимальное передаточное число трансмиссии определяется из необходимости соблюдения двух условий:

1) Условие преодоления максимального дорожного сопротивления:

$$U_{TP\max}^1 = \frac{\psi_{\max} \cdot G_a \cdot R_K}{M_{k\max} \cdot \eta_M}, \quad (7.16)$$

где $\psi_{\max}$ – максимальное значение коэффициента сопротивления дороги. Принимают в зависимости от типа автомобиля: $\psi_{\max} = 0,35 \dots 0,5$ – для легковых автомобилей; $\psi_{\max} = 0,25 \dots 0,35$ – автобусов и грузовых автомобилей, предназначенных для междугородних сообщений; $\psi_{\max} = 0,35 \dots 0,45$ – для грузовых автомобилей общего назначения; $\psi_{\max} = 0,45 \dots 0,55$ – для автомобилей повышенной проходимости; $\psi_{\max} = 0,18 \dots 0,4$ – для автопоездов.

$M_{k\max}$ – максимальное значение крутящего момента двигателя по внешней скоростной характеристике двигателя, Нм.

2) Условие полного использования сцепной массы

$$U_{TP\max}^2 = \frac{\varphi \cdot G_{сц} \cdot R_K}{M_{k\max} \cdot \eta_M}, \quad (7.17)$$

где $\varphi = 0,7 \dots 0,9$ – коэффициент сцепления колес с полотном дороги, (при-

нимается для сухого шоссе);

$G_{\text{сц}}$ – сцепной вес автомобиля, вес от полной массы автомобиля, приходящийся на ведущие колеса. Для полноприводных автомобилей $G_{\text{сц}} = G_a$; для автомобилей с колесной формулой 4×2; $G_{\text{сц}} = \alpha_2 G_2$; для автомобилей с колесной формулой 6×4 $G_{\text{сц}} = \alpha_2 (G_2 + G_3)$; для переднеприводных $G_{\text{сц}} = \alpha_1 G_1$; где α_1 и α_2 – коэффициенты перераспределения масс: $\alpha_1 = 0,8 \dots 0,9$; $\alpha_2 = 1,1 \dots 1,3$.

Если , то целесообразно увеличить сцепную массу. Если сцепную массу увеличить не возможно, то принимается передаточное число вычисленное по второму условию. При этом автомобиль не сможет преодолевать заданное дорожное сопротивление.

Для неполноприводных автомобилей максимальное передаточное число трансмиссии равно:

$$U_{TP \max} = U_{K1} \cdot U_{ДК \max} \cdot U_0, \quad (7.18)$$

для полноприводных автомобилей с раздаточной коробкой, вычисленная величина передаточного числа будет соответствовать максимальному передаточному числу трансмиссии при включенной повышенной передаче раздаточной коробки:

$$U_{TP \max} = U_{K1} \cdot U_{ДК \min} \cdot U_0, \quad (7.19)$$

где U_{K1} – передаточное число первой передачи коробки передач; $U_{ДК \max}$ – максимальное передаточное число дополнительной коробки передач. Для коробок передач с демультипликатором можно принять по прототипу. Если дополнительная коробка передач отсутствует $U_{гк \max} = 1,0$.

Передаточное число первой передачи рассчитывается из формул (7.18, 7.19).

Если передаточные числа в коробке передач подбирать по закону геометрической прогрессии, то количество передач находят из выражения:

$$n = \frac{\log U_{k \min} - \log U_{k1}}{\log q} + 1, \quad (7.20)$$

где q – знаменатель геометрической прогрессии, $q = \omega_M / \omega_{N \text{ об}}$ – для грузовых автомобилей и автобусов с карбюраторными двигателями с ограничителем частоты вращения; $q = \omega_M / \omega_{\max}$ – для легковых автомобилей и автобусов с карбюраторными двигателями, без ограничителя частоты вращения; $q = \omega_M / \omega_N$ – для автомобилей с дизельным двигателем.

В том случае, когда наивысшая передача прямая, передаточные числа промежуточных передач находятся из выражения

$$U_{kj} = \sqrt[n-1]{U_{k1}^{n-j}}, \quad (7.21)$$

где j – порядковый номер промежуточной передачи; n – число передач в коробке.

Если же прямая передача предпоследняя, то

$$U_{kj} = \sqrt[n-2]{U_{k1}^{n-1-j}}. \quad (7.22)$$

Передаточное число задней передачи обычно принимается близким к U_{K1} . При расчете числа зубьев зубчатых колес передаточные числа трансмиссии уточняются.

7.4.3. Расчет тягово-динамических характеристик. Построение динамического паспорта автомобиля

Используя передаточные отношения трансмиссии заданного автомобиля строим динамическую характеристику в координатах $V_a - D$, где D – динамический фактор:

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}, \quad (7.23)$$

где P_T – сила тяги на ведущих колесах, Н; P_B – сила сопротивления воздуха, Н; G_a – вес автомобиля, Н.

Сила тяги на ведущих колесах, Н

$$P_T = \frac{M_{кр} \cdot U_{\pi} \cdot \eta_{\pi}}{r_k}, \quad (7.24)$$

где $M_{кр}$ – крутящий момент двигателя, берется по внешней скоростной характеристике Н·м; $U_{\pi} = U_{Ki} \cdot U_{дкj} \cdot U_0$ – передаточное число трансмиссии на i -й передаче; $\eta_{\pi} = 0.8 - 0.9$ – КПД трансмиссии автомобиля; r_k – динамический радиус колеса, м.

Сила сопротивления воздуха движению автомобиля, Н

$$P_B = W \cdot V_a^2, \quad (7.25)$$

где W – фактор сопротивления воздуха, Нс²/м⁴; V_a – скорость движения автомобиля, м/с. Можно рассчитать по формуле

$$V_a = \frac{\omega}{U_{\pi}} \cdot r_k, \quad (7.26)$$

где $\omega = \frac{\pi \cdot n_e}{30}$ – циклическая частота вращения коленчатого вала двигателя, 1/с; n_e – частота вращения коленчатого вала двигателя, об/мин.

Таблица 7.5 - Расчет динамических характеристик

ω , 1/с										
Мкр, Нм										
Передача 1 ($U_{1T1} = U_{K1} * U_0$)										
U_{1T1}										
V_a , м/с										
P_T , Н										
P_B , Н										
D1										
.....										
Передача i ($U_{iT_i} = U_{K_i} * U_0$)										
U_{iT_i}										
V_a , м/с										
P_T , Н										
P_B , Н										
D_i										

7.5. Содержание отчета

- 1) Цель работы.
- 2) Краткие теоретические сведения.
- 3) Результаты измерений в виде таблиц.
- 3) Графики динамических параметров (практические и расчетные).
- 4) Выводы по работе.

7.6. Контрольные вопросы

- 1) Дать, определение динамическому фактору.
- 2) Почему на низших передачах динамический фактор больше?
- 3) Дать определение динамической характеристики.
- 4) По заданному коэффициенту сопротивления дороги определить характер движения автомобиля.

Лабораторная работа № 8

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы: изучение методики определения основных характеристик тормозной системы автомобиля (4 часа).

8.1. Теоретический раздел

Государственный стандарт предусматривает наличие четырех типов тормозных систем: рабочая тормозная система, запасная тормозная система, стояночная тормозная система и вспомогательная тормозная система.

Проверка технического состояния тормозных систем должна включать контроль: эффективности торможения рабочей тормозной системой, запасной тормозной системой, стояночной тормозной системой и вспомогательной тормозной системой; герметичности пневматического и пневмогидравлического приводов. Техническое состояние проверяется с помощью двух методов в соответствии с ГОСТ Р 51709-2001: метода дорожных и стендовых испытаний.

Рабочая тормозная система (РТС) предназначена для снижения скорости транспортного средства вплоть до полной его остановки в любых условиях движения.

Основные характеристики тормозной системы – это время торможения t_T , и путь торможения S_T . Время торможения зависит от величины замедления j_T и начальной скорости автомобиля V_H :

$$t_T = \frac{V_H}{3.6 \cdot j_T}. \quad (8.1)$$

Путь торможения зависит также от коэффициента сцепления шины с покрытием дороги φ . Максимально допустимая тормозная сила всех колес равна:

$$P_{TMAX} = \varphi \cdot G_a, \quad (8.2)$$

где G_a – вес автомобиля, Н.

Максимальное замедление на ровном участке дороги равно:

$$j = \frac{\varphi \cdot g}{\delta}, \quad (8.3)$$

где g – ускорение свободного падения, м/с^2 ; δ – коэффициент учета инерции вращающихся масс ($\delta = 1,04$ – при выключенном сцеплении, $\delta = 1,08$ – при включенном сцеплении).

В этом случае путь торможения будет равен

$$S_T = \frac{(V_H^2 - V_K^2) \cdot \delta}{2 \cdot g \cdot \varphi}, \quad (8.4)$$

где V_K – конечная скорость автомобиля, м/с .

Процесс торможения изображают в виде графика (рис. 8.1), на котором:

- T – время торможений до полной остановки, с;
- t_p – время реакции водителя, с;
- t_c – время до появления тормозной силы, с;
- t_H – время стабилизации тормозной силы, с;
- $t_{уст}$ – время установившегося замедления, с;
- $P_{пед}$ – изменение силы нажатия на педаль, Н;
- P_T – изменение тормозной силы, Н;
- V – скорость автомобиля, м/с ;
- j – замедление автомобиля (норматив замедления для легкового автомобиля – $5,8 \text{ м/с}^2$);
- δ – коэффициент учета инерции вращающихся масс.

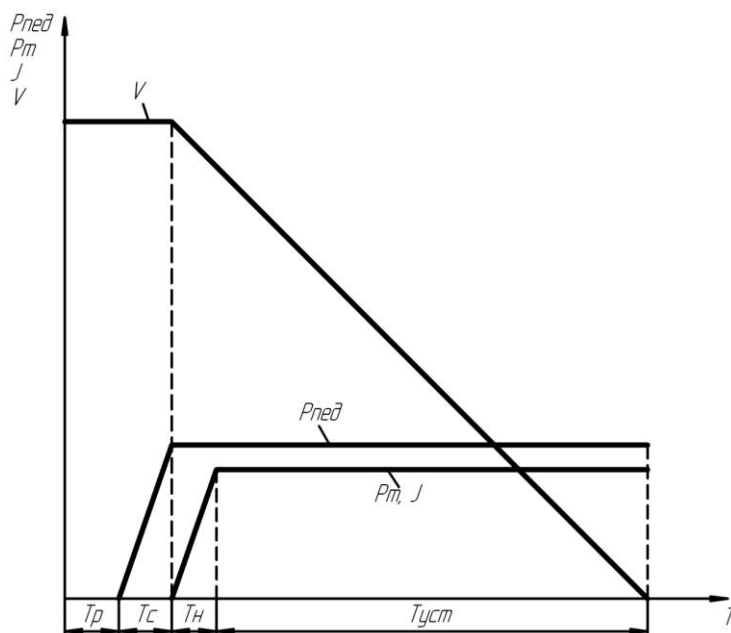


Рис. 8.1. Тормозная характеристика автомобиля

При торможении с включенным двигателем:

$$-j = \frac{P_T + P_{TP} + P_W + P_\psi}{\delta}. \quad (8.5)$$

При торможении с отключенным двигателем:

$$-j = \frac{P_T + P_W + P_\psi}{\delta}, \quad (8.6)$$

где P_T – тормозная сила, Н; P_W – сила сопротивления воздуха, Н; P_ψ – сила сопротивления движению (подъем), Н; P_{TP} – сила трения в двигателе, Н:

$$P_{TP} = \frac{M_{TP} \cdot i_K \cdot i_0}{r_K \cdot \eta_M}, \quad (8.7)$$

где $M_{TP} = 0.8 \cdot V_h \cdot (0.35 + 0.0005 \cdot n_e)$ – крутящий момент от сил трения в двигателе, Н; V_h – рабочий объем двигателя, л; n_e – начальная частота вращения коленчатого вала, об/мин; i_K – передаточное число ступени коробки перемены передач; i_0 – передаточное число главной передачи; r_K – статический радиус качения колеса, м; η_M – механический КПД двигателя.

8.1.1. Метод дорожных испытаний

1) Рабочая тормозная система ДТС должна обеспечивать выполнение нормативов эффективности торможения в дорожных условиях согласно таблице 8.1.

2) Для ДТС выпуска до 1988 года допускается отклонение от нормативов на 10 % (увеличение норматива тормозного пути и времени срабатывания, уменьшение норматива установившегося замедления).

Тормозной путь измеряется с момента нажатия на тормозную педаль (рукоятку) до полной остановки транспортного средства.

Таблица 8.1 – Нормативы эффективности торможения ДТС при помощи рабочей тормозной системы в дорожных условиях

Наименование вида ДТС	Категория ДТС	Усилие на органе управления Р, Н	Тормозной путь S_T , м, не более	Установившееся замедление $j_{уст}$, м/с ² , не менее	Время срабатывания тормозной системы, t, с, не более
Пассажирские и грузопассажирские автомобили	M_1	490	15,8	5,2	0,6
	M_2, M_3	686	17,7	4,5	0,8
Грузовые автомобили	N_1, N_2, N_3	686	17,7	4,5	0,8

Классификация ДТС представлена в табл. 8.2.

Таблица 8.2 - Классификация дорожно-транспортных средств, принятая ООН

Категория ДТС	Тип ДТС	Полная масса, т	Примечание
M_1	ДТС с двигателем, предназначенным для перевозки пассажиров и имеющих не более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	Не регламентируется	Легковые автомобили
M_2	Те же, имеющие более 8 мест для сидения (кроме места водителя)	До 5 т	Автобусы
M_3	То же	Свыше 5 т	Автобусы, в том числе сочлененные
N_1	ДТС с двигателем, предназначенным для перевозки грузов	До 3,5 т	Грузовые и специальные автомобили
N_2	То же	Свыше 3,5 до 12,0 т	Грузовые и специальные автомобили, автомобили-тягачи
N_3	То же	Свыше 12,0 т	То же

8.1.2. Условия проведения дорожных испытаний

1) Дорога для испытаний должна иметь цементно- или асфальтобетонное покрытие. Поверхность дороги должна быть сухой, чистой и ровной. Продольный и поперечный уклоны – не более 1,5 %, ширина – не менее 7,5 м.

2) Антиблокировочная система тормозов (при ее наличии) должна быть в работоспособном состоянии.

3) Шины ДТС должны быть чистыми и сухими. Давление воздуха в них должно соответствовать требованиям ИЭ.

4) ДТС должно испытываться в снаряженном состоянии с водителем и средствами измерений (в случае необходимости — с оператором-испытателем).

5) Испытания должны осуществляться с отсоединенным от трансмиссии двигателем, а также с отключенными приводами дополнительных ведущих мостов и разблокированными трансмиссионными-дифференциалами, если это предусмотрено конструкцией ДТС.

6) Испытания должны проводиться для ДТС с «холодными» тормозными механизмами (РТС ДТС не использовалась на протяжении 30 - 40 мин).

7) В процессе торможения РТС не допускается корректировка водителем траектории движения ДТС, если это не требуется для обеспечения безопасности движения. В случае корректировки траектории результат испытаний не засчитывается.

8) Начальная скорость торможения должна находиться в пределах от 35 км/ч до 45 км/ч. ДТС, которые по техническим характеристикам не могут двигаться с этими скоростями, должны начинать торможение с максимальной скорости.

9) Торможение должно осуществляться в режиме экстренного полного торможения при одноразовом воздействии на орган управления.

10) Во время торможения не допускается выход ДТС за границы коридора движения шириной 3,5 м.

8.1.3. Требования безопасности во время проведения дорожных испытаний.

1) Перед проведением контрольного торможения необходимо провести предварительные торможения с начальных скоростей 20 км/ч, 30 км/ч, выполняя все условия пункта 5, раздела 8.1.2.

2) Участок дороги, на котором проводятся испытания, должен быть перекрыт для движения в установленном порядке.

При оценке эффективности торможения предусмотрено, наряду с измерением тормозного пути, возможность использования измерения величины замедления (с учетом времени срабатывания тормозной системы) либо, при стендовых испытаниях, величины удельной тормозной силы также вместе со временем срабатывания тормозной системы.

8.2. Лабораторное оборудование

1) Автомобиль ЗАЗ-1102 «Таврия».

2) Измеритель эффективности тормозных систем автомобилей «ЭФ-ФЕКТ-02».

8.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

Подготовка прибора к работе.

1) Установить автомобиль в начале участка дороги, отведенного для испытаний, по направлению предполагаемого движения.

2) Закрепить прибор с помощью прижима, расположенного на задней стенке прибора, на стекле правой (или левой) двери автомобиля, предварительно опустив стекло (рис. 8.2). При этом направление стрелок, расположенных рядом с надписью "Эффект" на корпусе прибора должно совпадать с направлением движения автомобиля.

3) Установить датчик усилия на педали тормоза.

4) Подключить кабель датчика усилия к электронному блоку. Подключить кабель питания К1 или К2 в зависимости от используемого источника к разъему питания прибора. Подключение производить таким образом, чтобы кабель питания и датчика усилия не мешали работе водителя.

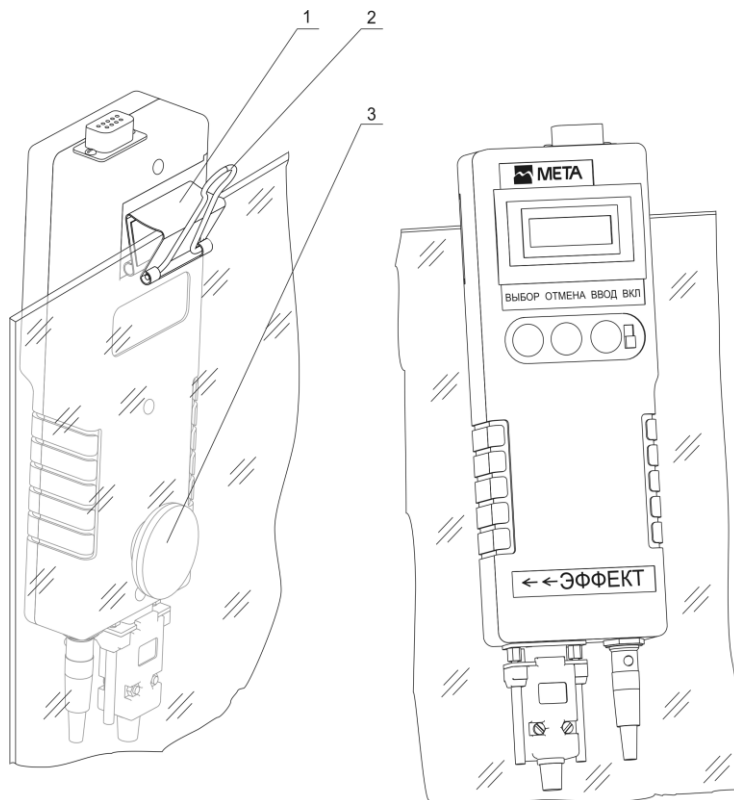


Рис. 8.2. Монтаж приборного блока «Эффект -02»:

1 – зажим; 2 – ручка зажима; 3 – присоска; ←← направление движения ТС

Проведение измерений.

1) Включить прибор кнопкой ВКЛ.
2) Выбрать категорию ТС, соответствующую проверяемому транспортному средству (табл. 8.2).

3) Основной режим вызывается нажатием кнопки Ввод при индикации сообщения "РАБОТА" на приборе.

Для нормальной установки прибора необходимо, изменяя его положение на стекле боковой двери автомобиля, добиться на индикаторе сообщения: "НАКЛОН В НОРМЕ".

При этом прозвучит звуковой сигнал.

Нажать кнопку Ввод. На индикаторе появится сообщение:

ГОТОВ К ПРОВЕРКЕ ТС.

4) Разогнать ТС до скорости близкой к 40 км/час и затормозить, причем, торможение выполнять в режиме экстренного полного торможения при однократном воздействии на педаль тормоза.

5) В процессе торможения не допускается корректировка траектории движения ТС, если этого не требует обеспечение безопасности испытаний. Торможение производить с отсоединенным от трансмиссии двигателем, а также отключенных приводах дополнительных ведущих мостов и разблокированных трансмиссионных дифференциалах, если это предусмотрено конструкцией ТС.

6) Снять воздействие на педаль тормоза после полной остановки ТС.

7) Записать результаты проверки ДТС.

8.4. Содержание отчета

1) Краткие теоретические сведения.

2) Схема эксперимента.

3) Результаты измерений.

4) График.

5) Выводы.

8.5. Контрольные вопросы

1) Перечислить основные тормозные свойства автомобиля.

2) От чего зависит тормозной путь автомобиля?

3) Назвать нормированную величину замедления для различных классов транспортных средств.

4) Назвать методы контроля тормозных свойств, согласно ГОСТ Р 51709-2001.

5) По тормозной характеристике описать тормозные свойства автомобиля.

6) Перечислить условия проведения дорожных испытаний.

Лабораторная работа № 9

ИСПЫТАНИЯ ДОРОЖНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ПРОХОДИМОСТЬ

Цель работы – изучить основные параметры проходимости автомобиля.

9.1. Теоретический раздел

Проходимость – это одно из основных эксплуатационно-технических качеств любого автомобиля, определяющее возможность его использования в различных дорожных условиях. Под проходимостью автомобиля следует понимать способность его двигаться по плохим дорогам и вне дорог, преодолевая встречающиеся на его пути естественные и искусственные препятствия без вспомогательных средств.

По этому признаку все автомобили делятся на 3 типа: автомобили обычной, повышенной и высокой проходимости:

Автомобили обычной проходимости – это автомобили общетранспортного назначения с колесной формулой 4x2 с обычными торoidalными шинами с неблокирующимся дифференциалом, предназначенные для движения по шоссейным и грунтовым дорогам.

Автомобили повышенной проходимости – автомобили с колесной формулой 4x4, 6x4, 6x6 и т.д. с широкопрофильными шинами, с регулируемым давлением воздуха в шинах, с блокирующимся дифференциалом, предназначенные для движения как по дорогам, так и на местности вне их.

Автомобили высокой проходимости – это полноприводные автомобили с шинами сверхнизкого давления (до 0,5 атм.) типа пневмокaткки. Пробег таких шин в 2 раза меньше, нагрузку на шину необходимо прикладывать на 50 % меньше.

9.1.1. Классификация препятствий

Препятствия, способные вызвать потерю проходимости, могут быть самыми различными, каждое из них по-своему воздействует на автомобиль. В зависимости от этого все препятствия можно разбить на три группы:

1. Препятствия создающие большое сопротивление движению и требующие на преодоление их силу тяги, близкую к силе тяги по сцеплению – мягкий грунт, песок, рыхлый снег, крутой подъем, порог, брод и т.д.

2. Препятствия способные вызвать опрокидывание автомобиля – ров, спуск, косогор, лед.

3. Препятствия способные вызвать затопление автомобиля – река (в том числе замерзшая), топкие болота.

9.1.2. Параметры сравнительной оценки (проходимости)

1. Коэффициент свободной тяги:

$$k_T = \frac{P_{KT}}{G_a}, \quad (9.1)$$

где P_{KT} – максимальная сила тяги на данном участке дороги по сцеплению, Н; G_a – вес автомобиля, Н; G_φ – вес, приходящийся на ведущие колеса, Н.

$$P_{KT} = \varphi \cdot G_\varphi - \psi \cdot G_a, \quad (9.2)$$

где φ – коэффициент сцепления колеса с дорожным покрытием (табл. 3.1); ψ – суммарный коэффициент сопротивления дороги.

$$k_T = \varphi \cdot k_\varphi - \psi, \quad (9.3)$$

где k_φ – коэффициент сцепного веса ($k_\varphi = 0,6$ – для обычной проходимости, $k_\varphi = 1$ – для повышенной проходимости).

$$k_\varphi = \frac{G_\varphi}{G_a}. \quad (9.4)$$

Максимальную силу тяги на определенном участке дороги можно определить и по характеристикам двигателя:

$$P_{KT} = P_T - \psi \cdot G_a, \quad (9.5)$$

где P_T – сила тяги двигателя, Н.

Тогда коэффициент свободной тяги:

$$k_T = \varphi_D - \psi, \quad (9.6)$$

где φ_D – удельная сила тяги по двигателю.

$$\varphi_D = \frac{P_T}{G_a} \quad (9.7)$$

Эта оценка проводится с точки зрения возможности движения.

2. С точки зрения эффективности использования автомобиля в сложных условиях, проходимость оценивают по обобщенному фактору проходимости:

$$\Pi = \frac{G'_r \cdot L'}{t' \cdot g'} \bigg/ \frac{G_r^0 \cdot L^0}{t^0 \cdot g^0}, \quad (9.8)$$

где G_r' и G_r^0 – полезная нагрузка на сложной и шоссейной дороге соответственно, Н; L' и L^0 – длина дороги сложной и шоссейной соответственно, м; t' и t^0 – время прохождения сложной дороги и шоссе соответственно, с; g' и g^0 – расход топлива на сложной дороге и шоссе соответственно, г/(кВт·ч); Π – показывает насколько уменьшается транспортная работа при движении по трудному участку ($\Pi = 0,5 \dots 1,0$).

3. Возможность движения по вязкому (связному) грунту:

$$P_x = f \cdot G_a = \frac{1}{(1 + \mu) \cdot (1 - \frac{\mu}{3})} \cdot \sqrt{\frac{h}{D}} \cdot G_a, \quad (9.9)$$

где f – коэффициент сопротивления качению; μ – связность грунта ($\mu = 0,5$ – сухой песок, $\mu = 1$ – сухой связной грунт, $\mu = 1-2$ – рыхлый грунт на более плотных слоях); h – глубина колеи, м; D – диаметр колеи, м.

Должно выполняться условие

$$P_x < P_{кт}. \quad (9.10)$$

4. Величина дорожного просвета или клиренс (геометрический параметр).

Таблица 9.1 - Величина дорожного просвета для различных моделей автомобиля

Модель автомобиля	УАЗ-31519	ГАЗ-3308	КрАЗ-6322	КамАЗ-43118	УРАЛ 4320-01
Дорожный просвет, мм	220	315	370	385	400

5. Преодоление пороговых препятствий (рис. 9.1).

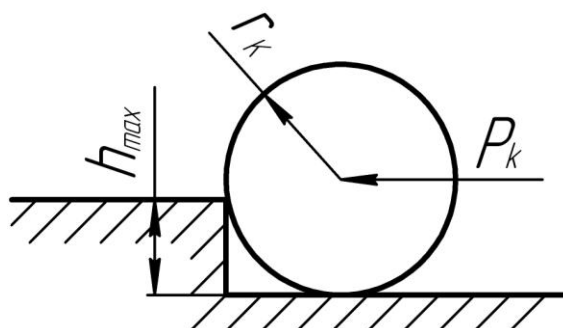


Рис. 9.1. Преодоление колесом пороговых препятствий

Для автомобилей с колесной формулой 4х2:

$$h_{\max} = \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1 + \varphi^2}}\right) \cdot r_k, \quad (9.11)$$

где φ – коэффициент сцепления колес; r_k – статический радиус колеса, м.

Если $\varphi = 0.6$, что соответствует асфальтобетонному покрытию, величина порогового препятствия будет $h_{\max} = 0.15 \cdot r_k$.

Для автомобилей с колесной формулой 4х4 $h_{\max} = 0.53 \cdot r_k$.

Для автомобилей с колесной формулой 8х8 $h_{\max} = 1.07 \cdot r_k$.

Снижением давления воздуха в шинах можно увеличить величину порогового препятствия $h_{\max}$ на 50 %.

6. Радиус проходимости (продольный и поперечный):

$$l_1 = l_2 = l = \frac{L}{2}, \quad (9.12)$$

где L – база автомобиля, м.

$$R_{\text{пп}} = \frac{E}{2} + \sqrt{\left(\frac{E}{2}\right)^2 + H}. \quad (9.13)$$

$$E = \frac{l^2 + c^2 - n^2 - 2 \cdot r_k \cdot c}{2 \cdot c}, \quad (9.14)$$

где c – максимальная высота преодолеваемого препятствия (рис. 9.2), м;
 n – расстояние от центра преодолеваемого препятствия до середины базы автомобиля (см. рис. 9.2), м.

$$H = \frac{n^2 \cdot (c - r_k)}{2 \cdot c}, \quad (9.15)$$

$$R_{\text{пп}} = \frac{d^2 + \Pi^2}{2 \cdot \Pi}, \quad (9.16)$$

где d – расстояние от центра автомобиля до внутренней поверхности колеса, м; Π – величина наименьшего дорожного просвета, м.

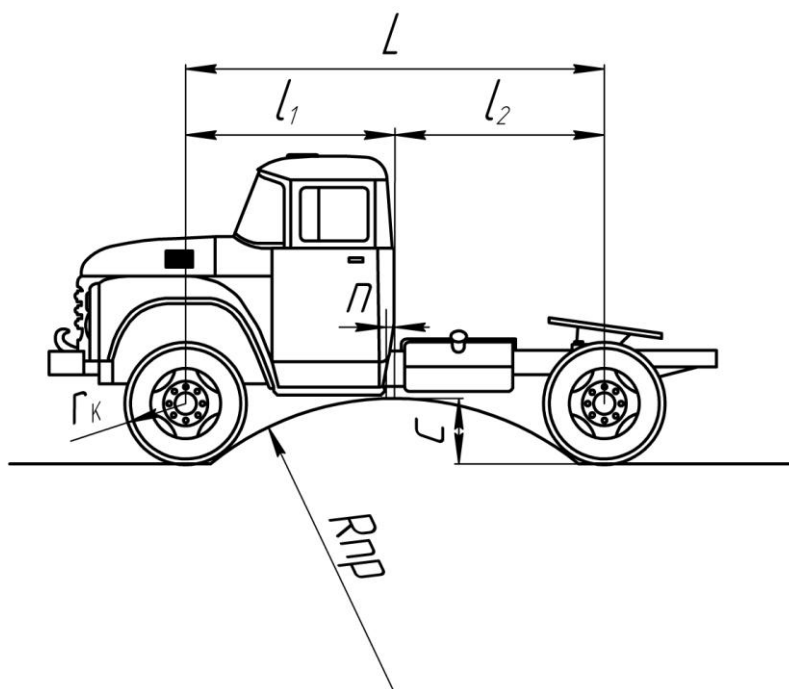


Рис. 9.2. Продольный радиус проходимости

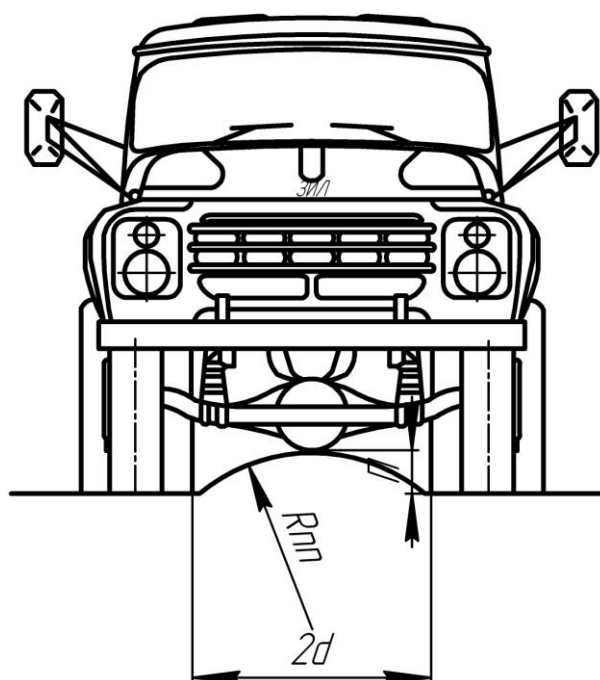


Рис. 9.3. Поперечный радиус проходимости

7. Удельная мощность.

Чем выше удельная мощность, тем выше проходимость.
Значения удельной мощности приведены в табл. 9.2.

Таблица 9.2 - Значения удельной мощности для некоторых моделей автомобилей

Модель автомобиля	Значение удельной мощности, кВт/т
КамАЗ-43118	9,2
УРАЛ-4320-01	11,5
УАЗ-31519	24,7
Audi A8	51,5

8. Динамический фактор.

Динамическим фактором D автомобиля называют отношение разности тяговой силы P_T и силы сопротивлений воздуха P_B к весу автомобиля G_a :

$$D = \frac{P_T - P_B}{G_a}. \quad (9.17)$$

На низких передачах сила сопротивления воздуха практически равна нулю и на большинстве автомобилей динамический фактор $D \geq 0.35$. На вездеходах фактор лежит в пределах $D = 0.62 - 0.85$, на обычных автомобилях $D = 0.05$.

9. Углы свеса.

В табл. 9.3 приведены значения углов свеса для некоторых моделей автомобилей.

Таблица 9.3 - Значения углов свеса для некоторых моделей автомобилей

Модель автомобиля	Передний угол свеса, γ' , град	Задний угол свеса, γ'' , град
УАЗ-31519	48	37
ГАЗ-3308	48	32
УРАЛ-4320-01	45	36

10. Угол перекоса осей.

Вследствие упругости подвеска позволяет автомобилю приспосабливаться к неровностям местности без потери контакта колес с дорогой. Угол перекоса осей μ определяется как сумма углов перекоса передней и задней осей относительно горизонтальной плоскости (рис. 9.4). Перекос оси ведущих колес вызывает перераспределение нагрузок на колеса, что при наличии межколесных или межосевых дифференциалов с малым внутренним трением может привести к значительному снижению силы тяги по сцеплению:

$$[\mu] \leq 25^\circ. \quad (9.18)$$

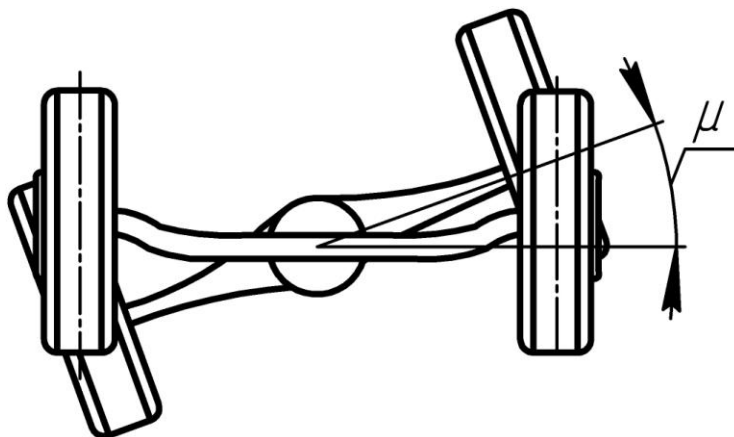


Рис. 9.4. Угол перекоса осей автомобиля

При значении угла перекоса $\mu = 28^\circ$ сила тяги снижается на 50 %.

11. База автомобиля.
12. Радиус колеса.
13. Координаты центра тяжести.
14. Коэффициент полноты рисунка шины.
15. Наличие блокировки дифференциала.
16. Наличие устройства автоматической подкачки шин.
17. Преодоление подъемов и спусков.

На подъеме сопротивление движению увеличивается на величину Ph , а $G_N < G_a$, т.е. сцепной вес меньше и сила тяги по величине сцепления меньше (рис. 9.5). Таким образом, можно сделать вывод, что подъем – это сложное препятствие.

Максимальный угол подъема по сцеплению

$$\operatorname{tg} \alpha_c = \varphi - f. \quad (9.19)$$

Максимальный угол подъема по двигателю

$$\operatorname{tg} \alpha_d = \frac{\varphi_{d \max}}{\cos \alpha_{d \max}} - f. \quad (9.20)$$

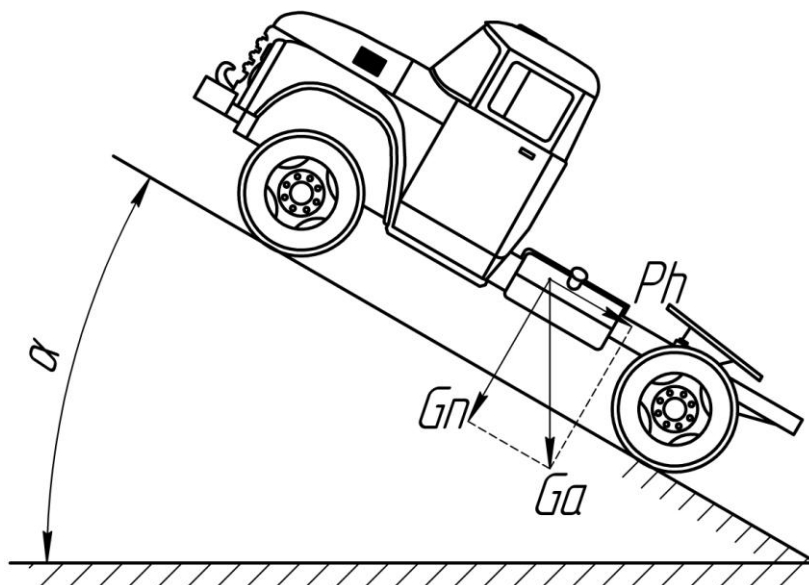


Рис. 9.5. Силы, действующие на автомобиль во время подъема

Значения максимальных углов подъема $\alpha_{\text{д max}}$ на различных типах дорожного покрытия для автомобилей приведены в табл. 9.4.

Таблица 9.4 - Значения максимальных углов подъема для автомобилей

Тип дорожного покрытия	Грунт	Песок	Асфальт
Угол подъема $\alpha_{\text{д max}}$, град	20 - 27	8 - 10	25 - 30

9.2. Порядок выполнения работы

- 1) Выбрать автомобиль по указанию преподавателя.
- 2) Выбрать из технической характеристики автомобиля основные показатели для расчета.
- 3) Рассчитать основные параметры проходимости для заданного автомобиля.

9.3. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Эскиз заданного автомобиля с основными размерными параметрами.
- 3) Результаты вычислений.
- 4) Выводы по работе.

9.4. Контрольные вопросы

- 1) Что называют проходимостью, назвать типы проходимостей?
- 2) Перечислить основные параметры проходимости.
- 3) Какие радиусы проходимости существуют?
- 4) Чем отличается динамический фактор от удельной силы тяги от двигателя?
- 5) Назвать препятствия, снижающие проходимость.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Понизовкин А.Н. Краткий автомобильный справочник / А.Н. Понизовкин, Ю.М.Власко, М.Б.Ляликов; под ред. А.Н. Понизовкина. – М.: АО "Тансконсалтинг", НИИАТ, 1994. – 779 с.
2. Чуйко Г.В. Руководство по ремонту автомобиля ЗАЗ 1102 "Таврия" и модификации / Г.В.Чуйко. – М.: Транспорт, 1996. – 176 с.
3. Руководство по ремонту ВАЗ 2110 / А.П. Косарев [и др.] – М.: "Русьавтокнига", 2000. – 192 с.
4. Донской Д.М. Автомобили КамАЗ типа 6х4: руководство по эксплуатации и сервисная книга / Д.М. Донской, Т.В. Тихонова, В.Н. Яхьева; под ред. Е.А. Машкова. – М.: Машиностроение, 1991. – 405 с.
5. Илларионов В.А. Теория автомобиля и автомобильного двигателя. – М.: Машиностроение, 1968. – 283 с.
6. Илларионов В.А. Теория автомобиля. – М.: Машиностроение, 1982. – 344 с.
7. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями / Т.У. Асмус [и др.] – М.: Машиностроение, 1988. – 504 с.
8. Армейские автомобили. Теория / А.С. Антонов, Ю.А. Кононович, Е.И. Магидович, В.С. Прозоров. – М: Военное издательство министерства обороны СССР, 1970. – 528 с.
9. Методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине "Автомобили" для студентов специальности. 7.090256 "Автомобили и автомобильное хозяйство" всех форм обучения / Сост. В.Н. Торлин, А.П. Фалалеев, В.В. Мешков, С.В. Огрызков, А.А. Кобец. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2002. – 52 с.