

Министерство образования и науки Украины
Севастопольский национальный технический
университет



МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению лабораторных работ
по дисциплине
“Автомобили” для студентов
направления 6.070106
“Автомобильный транспорт”
заочной формы обучения.

Севастополь
2012

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Автомобили» / Сост. В.Н. Торлин, В.В. Мешков, С.В. Огрызков, И.Ю. Чуйко, Л.И. Соустова – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2012.– 44 с.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам при изучении и проведении лабораторных работ по разделу «Теория автомобиля» курса «Автомобили». Излагаются основные теоретические сведения, порядок выполнения и требования к оформлению отчетов по проведению лабораторных работ.

Методические указания предназначены для студентов направления «Автомобильный транспорт » заочной формы обучения.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры Автомобильного транспорта (протокол № 4 от 28 декабря 2011 г)

Допущено учебно-методическим центром СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: Волошина Н.А., кандидат технических наук, доц. кафедры АПС

СОДЕРЖАНИЕ

1. Лабораторная работа № 1.	
Изучение технических характеристик дорожных транспортных средств.....	4
2. Лабораторная работа № 2.	
Исследование сцепных свойств протектора шины автомобиля.....	17
3. Лабораторная работа № 3.	
Определение коэффициента сопротивления качению автомобиля.....	25
4. Лабораторная работа № 4.	
Определение коэффициента обтекаемости автомобиля.....	36
Библиографический список.....	42

1. 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 всеми узлами и механизмами.

Таблица 1.1 – Условные обозначения и сокращения принятые в обозначении технической характеристики дорожно-транспортных средств

Условное обозначение и сокращение	Расшифровка	Условное обозначение и сокращение	Расшифровка
авт.	автоматический	обр.	образный
бараб.	барабанный	охл.	охлаждающий
внешн.	внешний	передн.	передний
внутр.	внутренний	полуэллипт.	полуэллиптический
возд.	воздушный	попереч.	поперечный
гидравл.	гидравлический	пневм.	пневматический
глобоид.	глобоидальный	прод.	продольный
диз.	дизельный	рядн.	рядный
дополн.	дополнительный	средн.	средний
задн.	задний	ступ.	ступенчатый
наружн.	наружный	такт.	тактный
карб.	карбюраторный	телескоп.	телескопический
контр.	контрольный	торм.	тормозной
макс.	максимальный	центр.	центральный
мех.	механический	цил.	цилиндровый
мин.	минимальный	цилиндр.	цилиндрический
ЗХ	задний ход	КПП	коробка перемены передач
НС	норма слойности шин	ТБ	топливный бак
АКБ	аккумуляторная батарея	ЗК	запасное колесо

На рисунках 1.1 – 1.6 показаны условные обозначения размерных параметров автомобилей:

D - габаритная длина, мм;

$Ш$ - габаритная ширина, мм;

B - габаритная высота¹⁾, мм;

K' - колея передних колес, мм;

K'' - колея задних колес, мм;

C - передний свес, мм;

γ' - передний угол свеса¹⁾, град;

γ'' - задний угол свеса¹⁾, град;

Π' - просвет под передней осью¹⁾, мм;

Π'' - просвет под задней осью¹⁾, мм;

A - расстояние от задней стенки кабины до задней оси, мм;

B - база автомобиля, мм;

B_T - база тележки, мм;

B_{Π} - высота погрузочная пола автобуса¹⁾, мм;

B_{TC} - высота погрузочная седельно-сцепного устройства седельного тягача¹⁾, мм;

B_B - высота бортов, мм;

B_K - высота кузова внутренняя и кузова самосвала, мм;

B'_{Π} - высота подножки автобуса¹⁾, мм;

B_C - высота салона автобуса, мм;

Γ - смещение седельно-сцепного устройства, мм;

D_K - длина кузова внутренняя, мм;

P' - расстояние от подушки переднего сиденья до внутренней обивки потолка, мм;

P'' - расстояние от подушки заднего сиденья до внутренней обивки потолка, мм;

$Ш'$ - ширина сидений передних, мм;

$Ш''$ - ширина сидений задних, мм;

$Ш_{дп}$ - ширина передней двери автобуса, мм;

$Ш_{дз}$ - ширина задней двери автобуса, мм;

$Ш_d$ - ширина двери (в свету), мм;

$Ш_{\Pi}$ - максимальная ширина прохода между рядами сидений в автобусах, мм;

$Ш_K$ - ширина кузова внутренняя, мм;

$Ш^*$ - ширина ДТС по боковым зеркалам заднего вида, мм;

r_1 - расстояние от оси отверстия под шкворень седельно-сцепного устройства до задней стенки кабины или другой ближайшей точки, мм;

r_2 - задний габаритный радиус седельного тягача, мм.

Примечание.

¹⁾ - замеряется на груженом автомобиле.

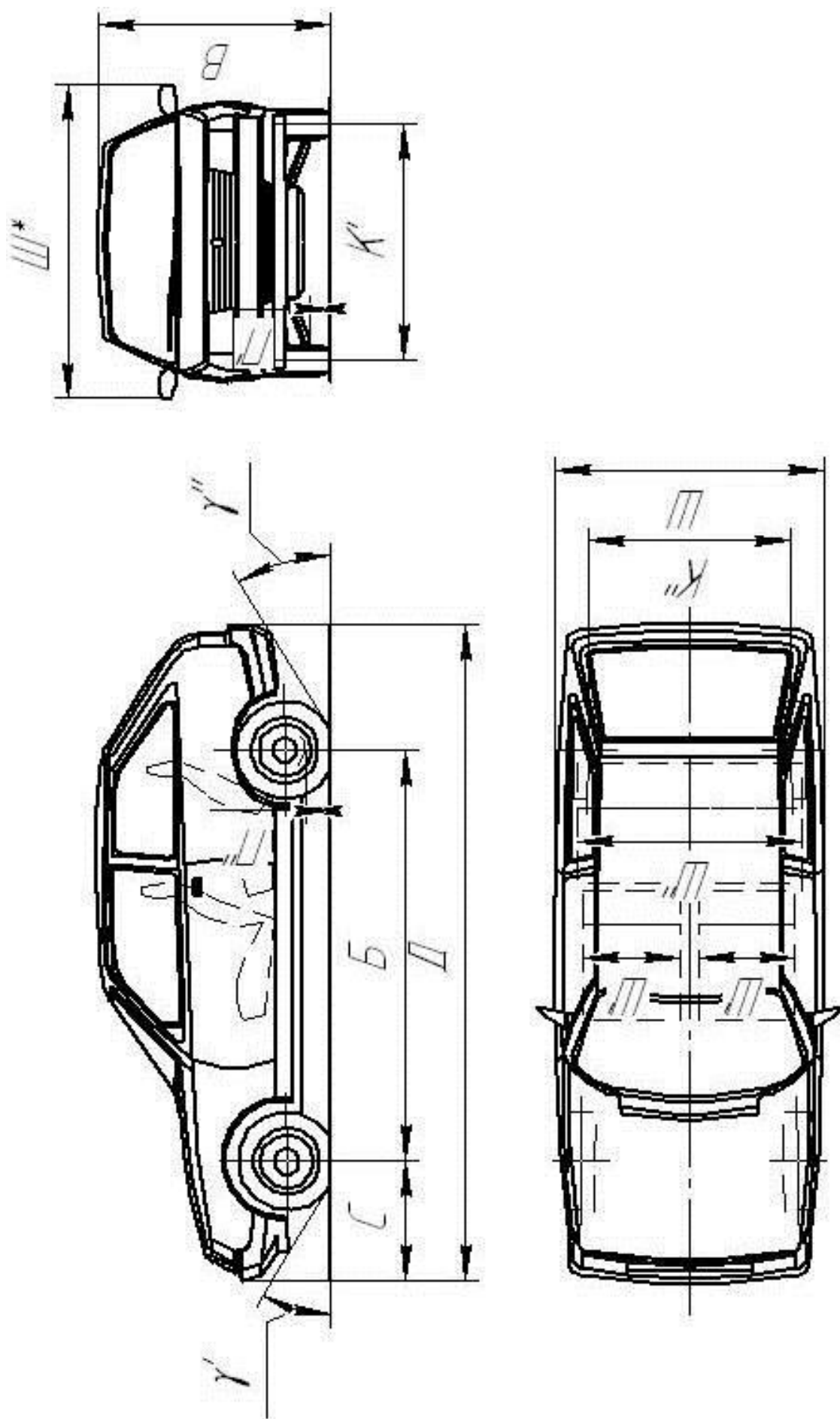


Рисунок 1.1 – Размерные параметры легкового автомобиля ЗАЗ-1102

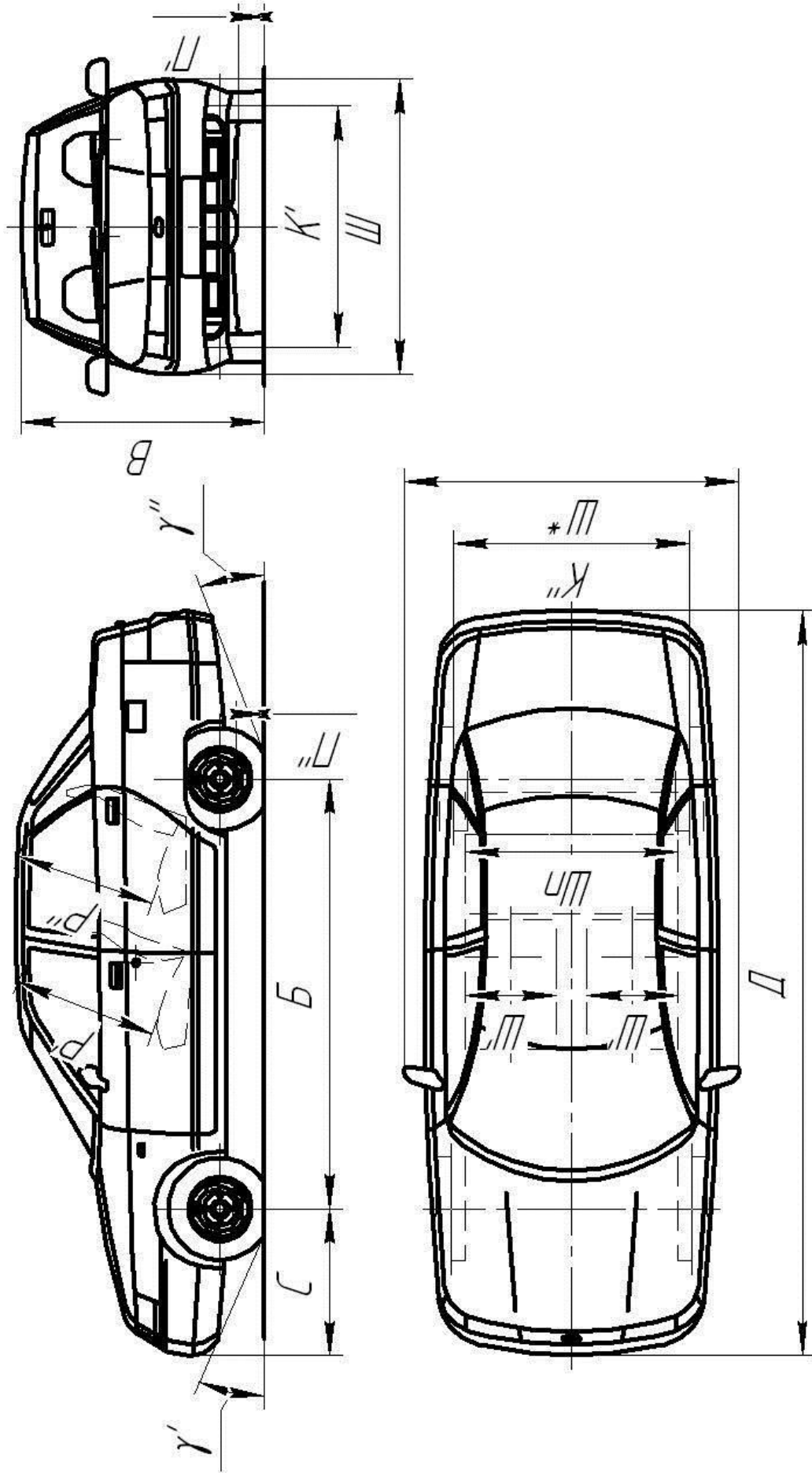


Рисунок 1.2 – Размерные параметры легкового автомобиля ВАЗ-2110

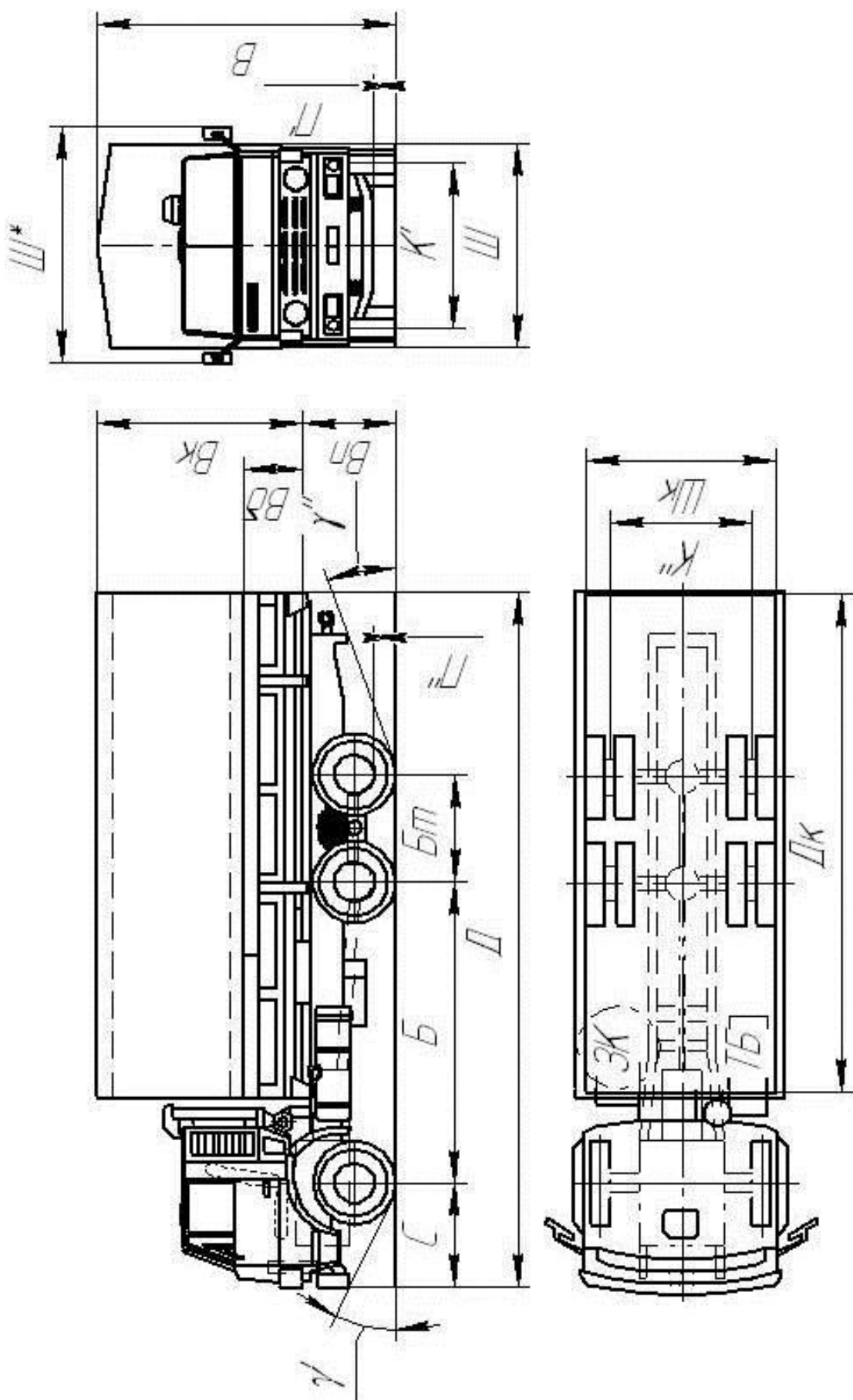


Рисунок 1.3 – Размерные параметры грузового бортового автомобиля КамАЗ-53212

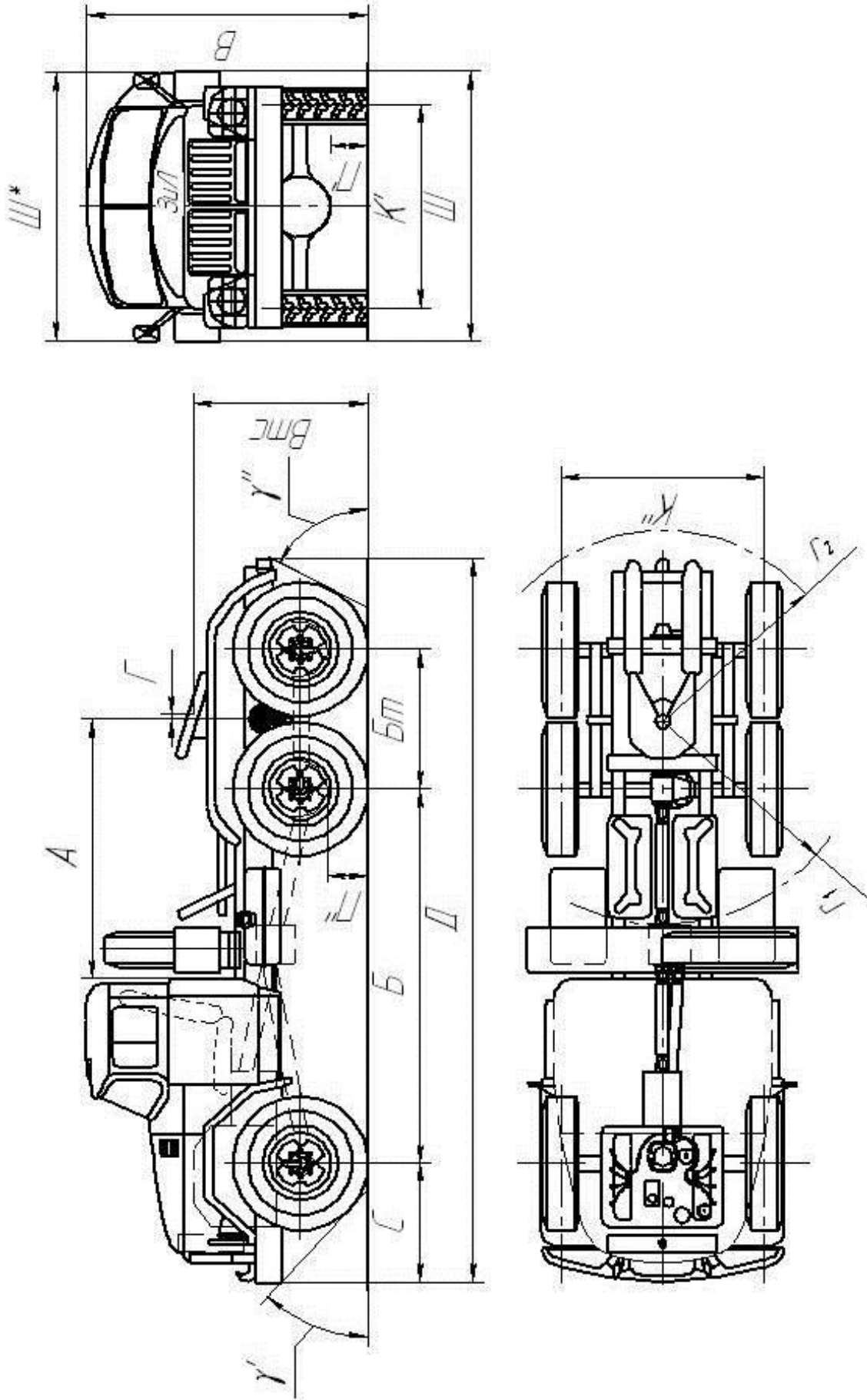


Рисунок 1.4 – Размерные параметры седельного тягача автомобиля ЗиЛ-131НВ

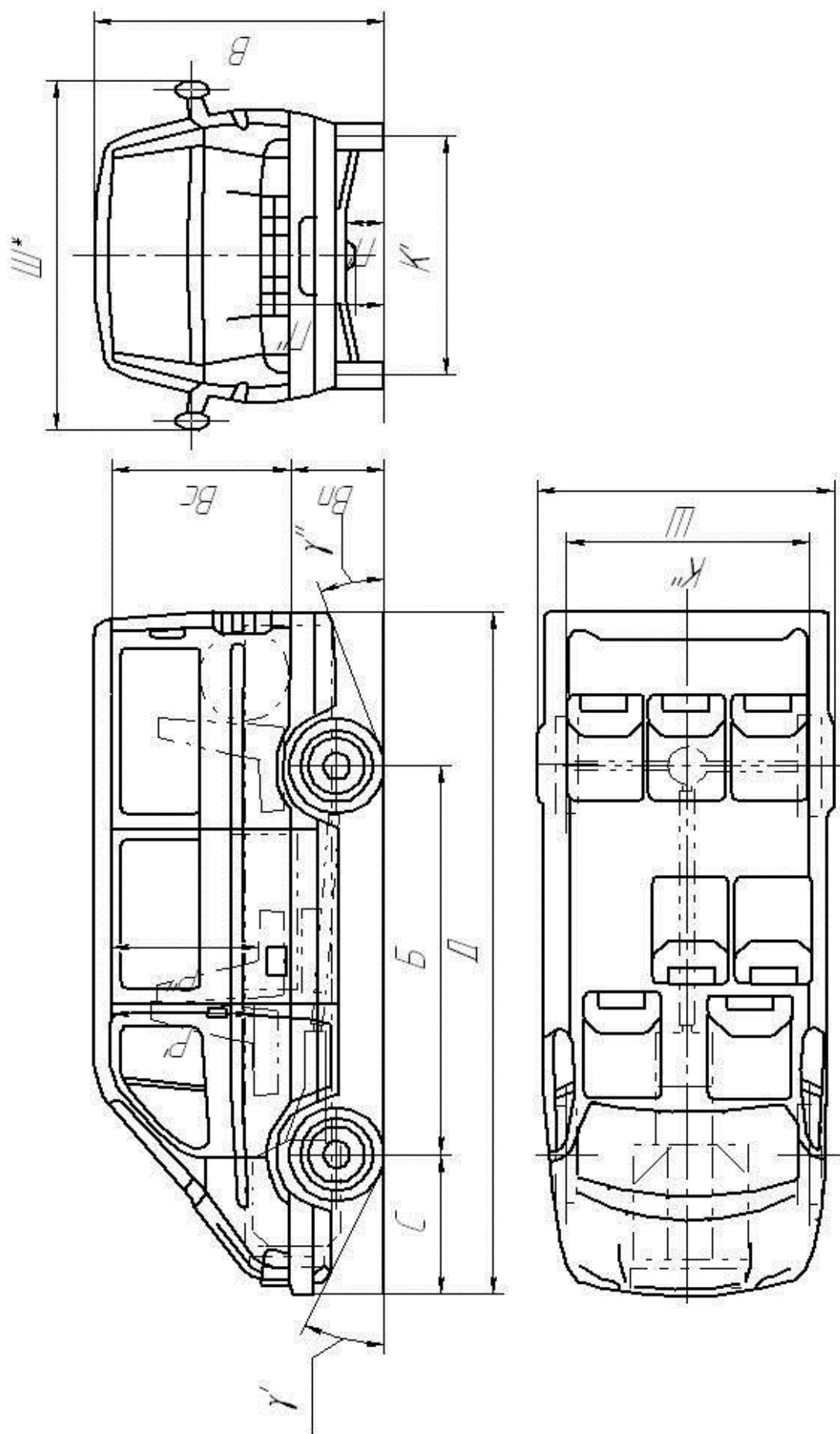


Рисунок 1.5 – Размерные параметры автобуса ГАЗ-2217 "Соболь"

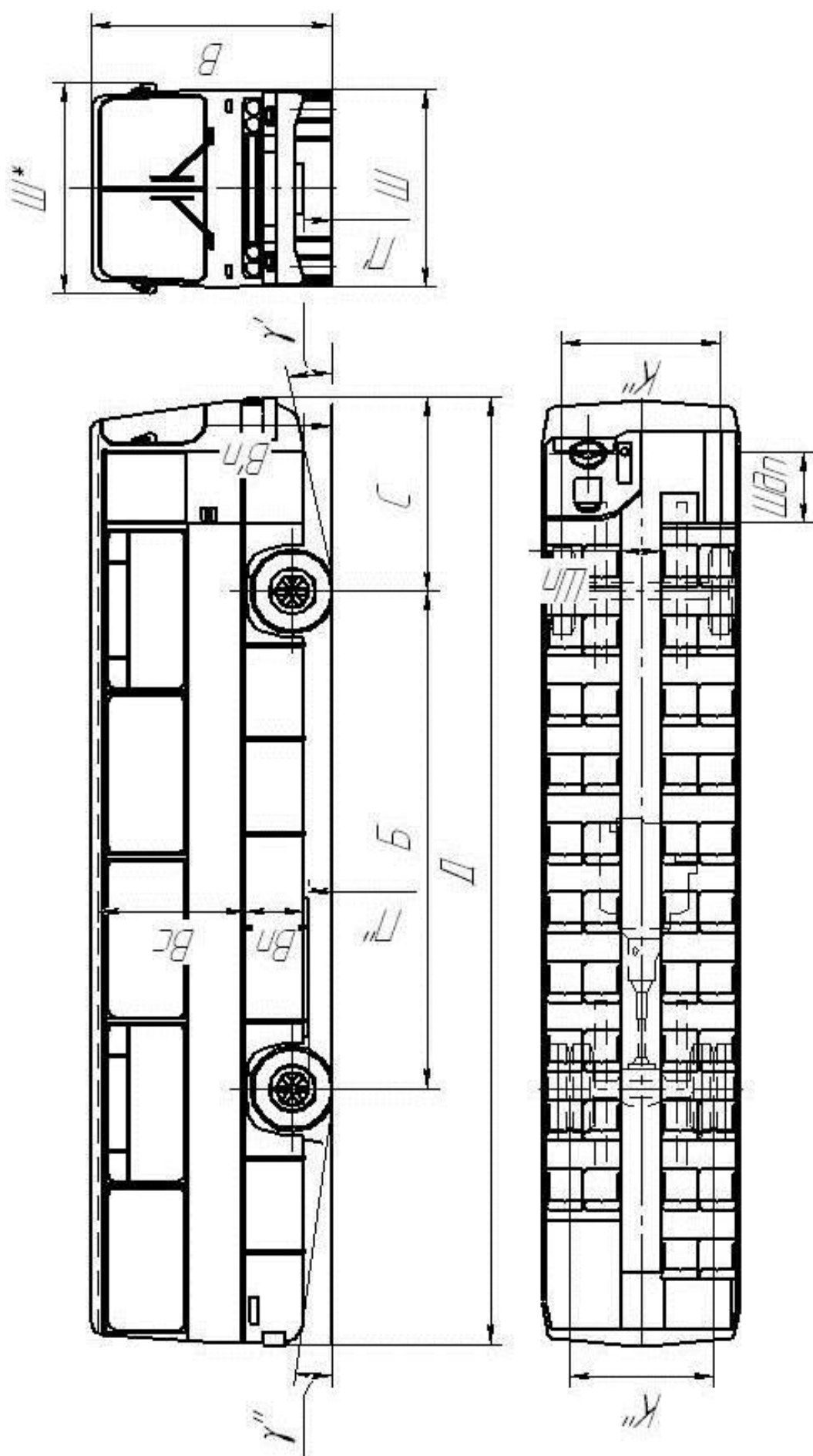


Рисунок 1.6 – Размерные параметры автобуса Икарус 250.58

Классификации ДТС представлены в таблицах 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 переднеприводные 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 ($5 \text{ чел. на } 1 \text{ м}^2$ - номинальная вместимость и 0.125 м^2 ($8 \text{ чел. на } 1 \text{ м}^2$) - предельная вместимость).

- **Номинальная вместимость автобусов** - вместимость, характерная для условий эксплуатации в межпиковое время. Предельная вместимость - вместимость автобусов а 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, инструментом 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=1.36л.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 $\pm 0,1$ кгс/м², для грузовых автомобилей, автобусов и прицепного состава к ним - на $\pm 0,2$ кгс/см².

- **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.

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2

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).

2.1. 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 $P_{сц}$ определяют по формуле

$$P_{сц} = \varphi_x \cdot Z, \quad (2.1)$$

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 таблице 2.1.

Таблица 2.1 — 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 (рисунок 2.1, 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 (рисунок 2.1, 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.

Для шин повышенной проходимости характерно использование высоких грунтозацепов (рисунок 2.1, 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 (рисунок 2.1, 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.

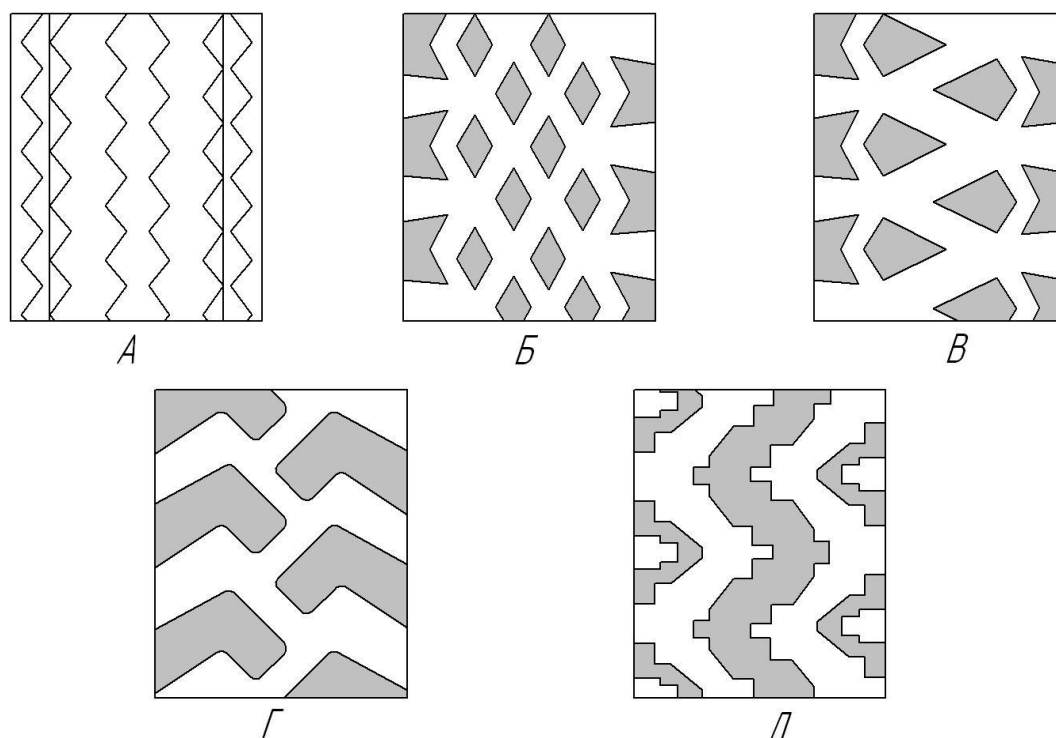


Рисунок 2.1 - Типы рисунков протекторов

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 (таблица 2.1), полученные экспериментальным путем.

При экспериментальном определении коэффициента сцепления автомобиль тягач посредством троса со встроенным в него динамометром буксирует динамометрическую тележку, колеса которой заторможены. Замерив по показаниям динамометра силу P_x , необходимую для равномерного движения, и зная вес тележки G , определяют коэффициент сцепления φ_x как

$$\varphi_x = \frac{P_x}{G}. \quad (2.2)$$

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.

2.2. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рисунок 2.2) 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.

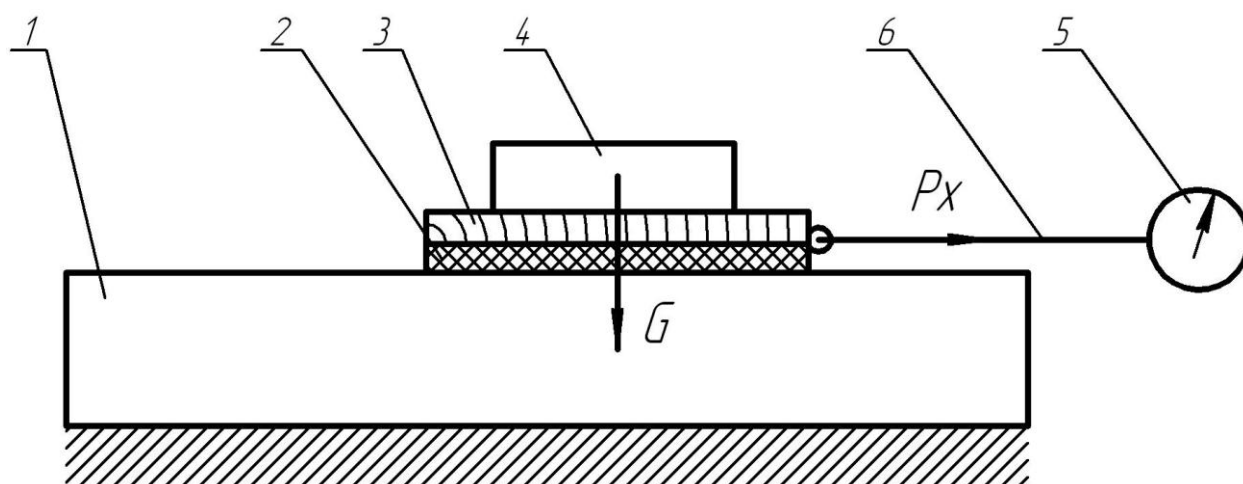


Рисунок 2.2 – Схема лабораторной установки

2.3. Порядок выполнения работы

2.3.1. 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 таблицу 2.2.

2.3.2. 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.

2.4. Порядок выполнения теоретических расчетов

Таблица 2.2 - 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							

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

$$\bar{P}_x = \frac{P_{xi}}{3}. \quad (2.3)$$

2.4.2. Рассчитать коэффициент сцепления для каждого покрытия по формуле:

$$\varphi_x = \frac{\bar{P}_x}{G}. \quad (2.4)$$

2.4.3. Определить коэффициент полноты рисунка протектора

$$K_{\Pi} = \frac{S_{оп}}{S_{полн}}, \quad (2.5)$$

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

$S_{полн}$ - площадь контакта шины с дорожным покрытием, м².

При $K_{\Pi}=0.7\div 0.8$ – дорожные шины; $K_{\Pi}=0.4\div 0.6$ – шины повышенной проходимости.

2.4.4. Оценить возможность движения шины по дорожному покрытию:

а) найти среднее удельное давление шины на грунте

$$q_{ср} = \frac{G_{оп}}{S_{оп}}. \quad (2.6)$$

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

$$q_{ср} \leq q_{гр}, \quad (2.7)$$

где $q_{гр}$ - предел несущей способности дорожного покрытия, Н/м².

Таблица 2.3 – Значение пределов несущей способности дорожных покрытий

Тип дорожного покрытия	$q_{гр}$, Н/м ²
Песок сухой/влажный	150000/420000
Глина сухая/влажная	1050000/200000
Грунт укатанный	1850000
Снег	50000

2.5. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения
- 2) Схема проведения эксперимента
- 3) Таблица 2.2 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.

2.6. 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.

3. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЮ АВТОМОБИЛЯ

Цель работы – изучение методики определения коэффициента сопротивления качению шин автомобиля.

– исследование зависимости коэффициента сопротивления качению шин от нагрузки и давления в шинах (2 часа).

– исследование зависимости коэффициента сопротивления качению шины от скорости автомобиля (2 часа).

3.1. 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 $\Delta_{ш}$, получают зависимость, изображенную в виде кривой $0kl$ (рисунок 3.1), в случае уменьшения вертикальной нагрузки тем же деформациям шины соответствуют меньшие значения нагрузок (кривая lmn). Площадь петли $0klmn0$ 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 (рисунок 3.2), а линия действия равнодействующей Z смещена относительно вертикального диаметра вперед на расстояние $a_{ш}$.

Смещение $a_{ш}$ 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.

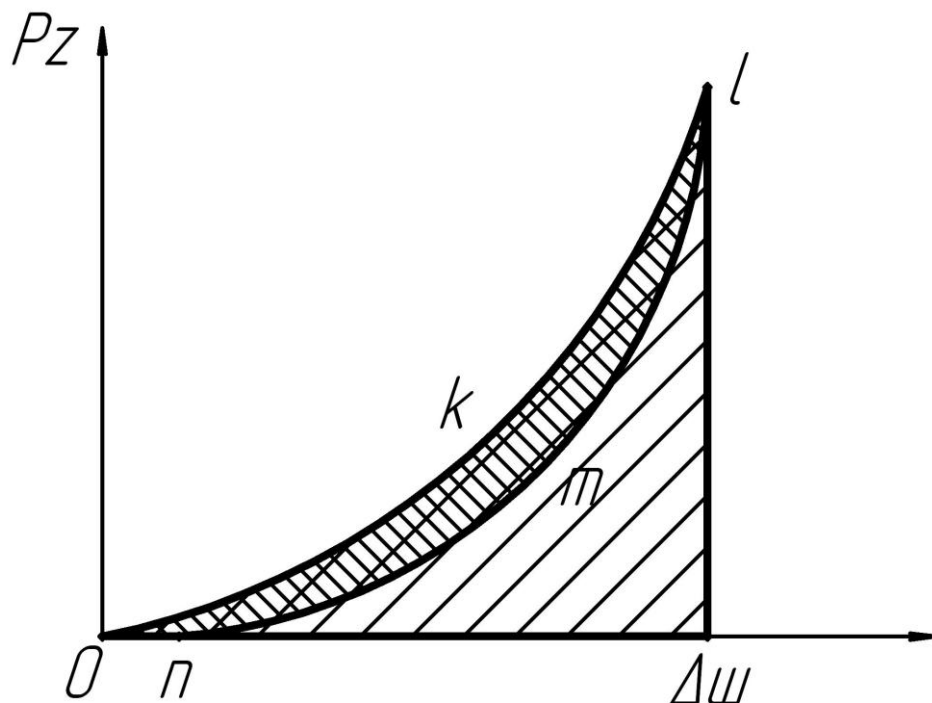


Рисунок 3.1 – Гистерезисные потери в шине

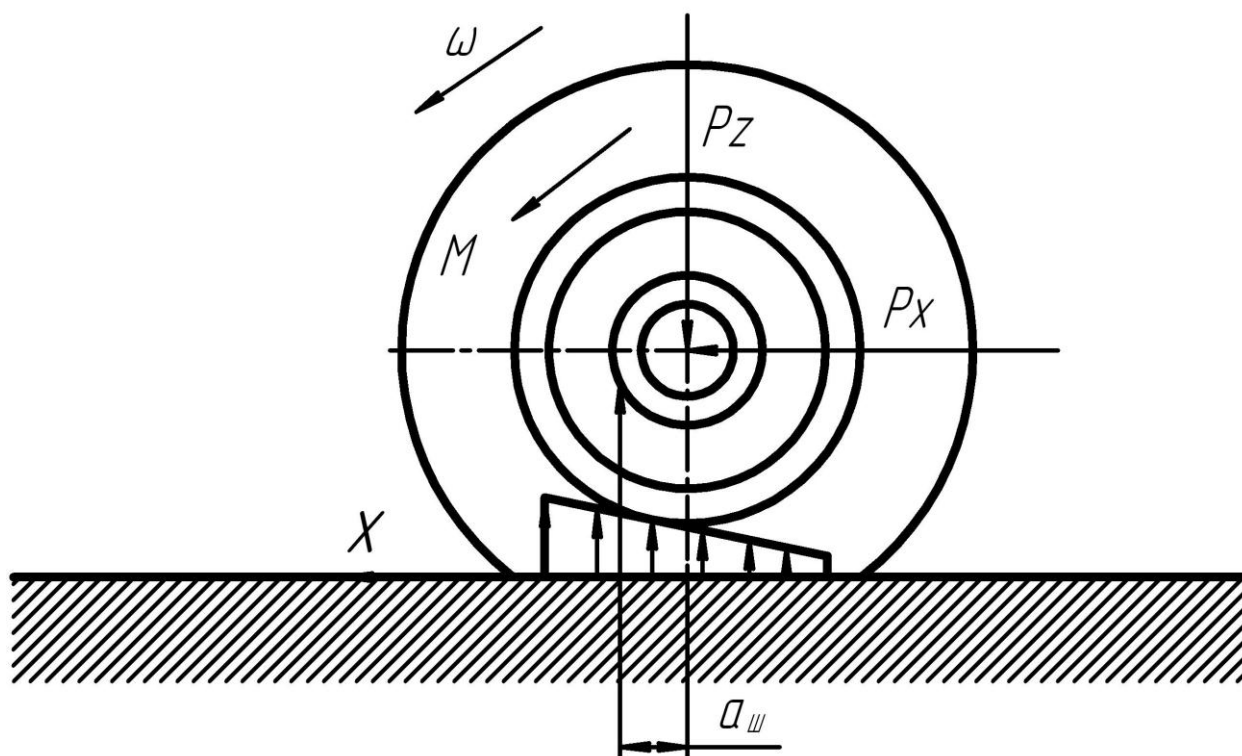


Рисунок 3.2 – Качение колеса по твердому дорожному покрытию

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:

$$P_X = \frac{a_{ш}}{r} \cdot Z. \quad (3.1)$$

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 (рисунок 3.3), 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.

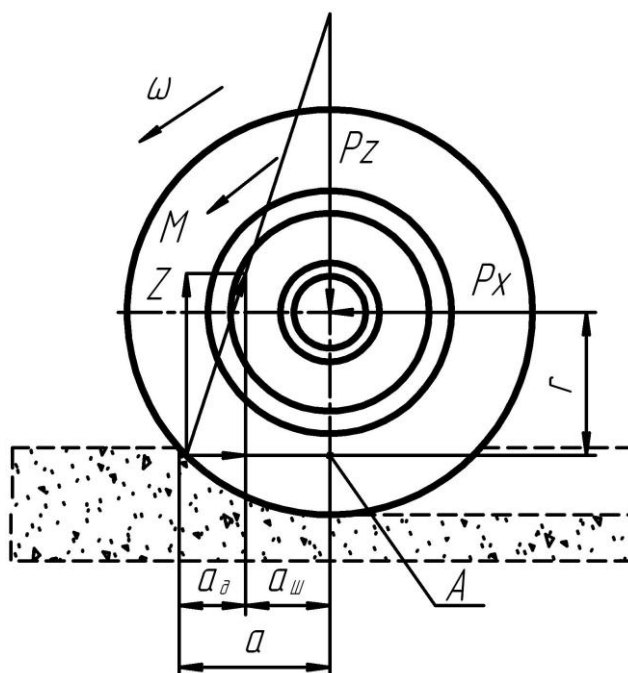


Рисунок 3.3 – Качение колеса по деформируемому дорожному покрытию

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

$$P_x = \frac{a}{r} \cdot Z. \quad (3.2)$$

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

$$f = \frac{a}{r} = \frac{P_x}{Z}. \quad (3.3)$$

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:

$$M_K = P_K \cdot r = f \cdot Z \cdot r. \quad (3.4)$$

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.

3.1.1. Определение коэффициента сопротивления качению методом буксировки

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 таблице 3.1.

Сила, нагружающая динамометр:

$$P_x = f_1 \cdot Z_1 + f_2 \cdot Z_2, \quad (3.5)$$

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 3.1 – 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

3.1.2. Определение коэффициента сопротивления качению методом выбега

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:

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

где V_a - скорость автомобиля в точке начала выбега, км/ч;

S - путь до полной остановки, м;

g - ускорение свободного падения (9.81 м/с^2).

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

$$f = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{20000} \right), \quad (3.7)$$

где f_0 - коэффициент сопротивления качению при движении с малой скоростью (таблица 3.1).

3.2. Описание лабораторного оборудования

3.2.1. Метод буксировки

Лабораторная установка (рисунок 3.4) 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.

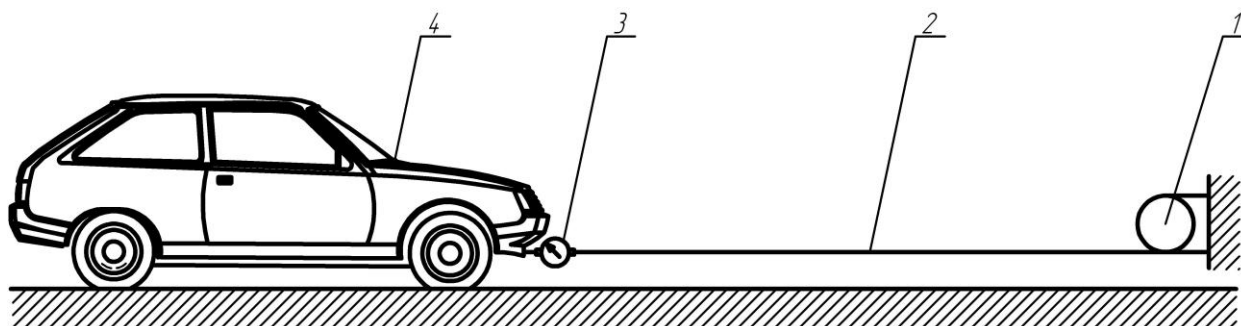


Рисунок 3.4 – Схема измерения силы сопротивления качению

3.2.2. Метод выбега

Лабораторное оборудование включает в себя автомобиль и рулетку, для измерения пути движения автомобиля накатом до полной остановки (рисунок 3.5).

3.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

3.3.1. Исследование зависимости коэффициента сопротивления качению от массы автомобиля:

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

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

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

4) Автомобиль с помощью лебедки привести в движение и снять показание динамометра. Показания занести в таблицу 3.2.

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

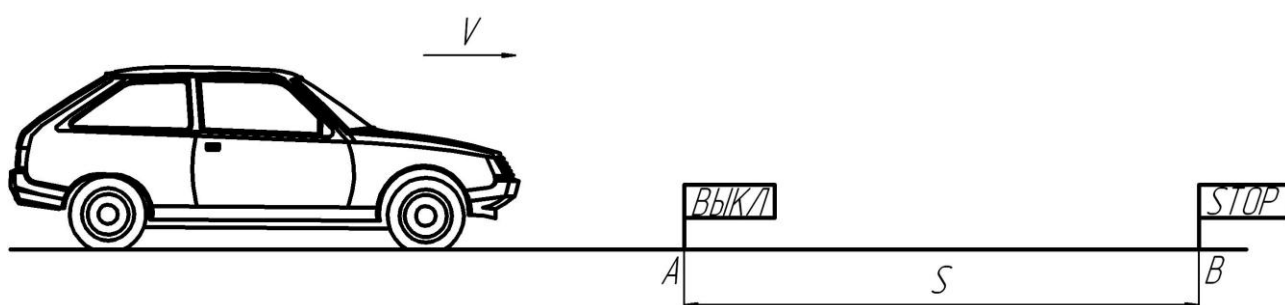


Рисунок 3.5 – Схема проведения эксперимента методом выбега

Таблица 3.2 – 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, $f_{п}$

3.3.2. Исследование зависимости коэффициента сопротивления качению от давления в шинах:

1) Установить давление в шинах 0,2 МПа, повторить пункты 3, 4.

2) Результаты измерений занести в таблицу 3.3.

3) Опыты проводить с давлением в шинах, приведенным в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Результаты исследования зависимости коэффициента сопротивления качению от давления в шинах автомобиля

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

3.3.3. Исследование зависимости коэффициента сопротивления качению от скорости автомобиля (метод выбега):

1) На участке дороги с асфальтобетонным покрытием разогнать автомобиль до скорости 10 км/ч и в точке, отмеченной флажком (точка А, рисунок 3.4) 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 таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – 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					

3.4. Порядок выполнения теоретических расчетов

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

$$f = \frac{P_x}{G}. \quad (3.8)$$

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

- 3) Вычислить значение f_B по формуле 3.6, результаты занести в таблицу 3.4.
- 4) Рассчитать силу сопротивления качению:

$$P_K = f_0 \cdot \left(1 + \frac{V_a^2}{20000} \right) \cdot G, \quad (3.9)$$

где G - вес от полной массы автомобиля, Н.

- 5) Рассчитать мощность, затрачиваемую автомобилем для преодоления силы сопротивления качению по формуле:

$$N_K = \frac{f \cdot G \cdot V_a}{3600}. \quad (3.10)$$

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

3.4.1. 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 3.7.

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

где V_i - скорость движения автомобиля, км/ч (таблица 3.5).

- 5) Рассчитать силу сопротивления качению P_K по формуле 3.9.

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

- 6) Рассчитать мощность N_K , затрачиваемую на преодоление силы сопротивления качению по формуле 3.10.

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

- 7) Результаты расчетов занести в таблицу 3.5.

Таблица 3.5 – Результаты расчетов для заданного автомобиля

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

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

3.5. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Схемы проведения экспериментов.
- 3) Таблицы с результатами измерений и вычислений.
- 4) Графики зависимостей $f = F(V_i)$, $P_K = F(V_i)$, $N_K = F(V_i)$.

5) Выводы по работе: сравнить теоретические данные с практическими, объяснить характер зависимостей коэффициента сопротивления качению от вертикальной нагрузки и давления в шинах; указать какая часть мощности двигателя ДТС расходуется на преодоление силы сопротивления качению.

3.6. 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) Объяснить порядок проведения экспериментов.
- 5) Описать процесс образования гистерезисных потерь.
- 6) Изобразить схему качения колеса по твердому покрытию.
- 7) Изобразить схему качения колеса по деформируемому дорожному покрытию.
- 8) Описать метод выбега.

9) Записать расчетную формулу для определения коэффициента сопротивления качению методом выбега.

10) Какие допущения принимаются при определении коэффициента сопротивления качению методом выбега.

11) Перечислить факторы, влияющие на величину коэффициента сопротивления качению.

4. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОБТЕКАЕМОСТИ АВТОМОБИЛЯ

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

4.1. 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 (рисунок 4.1).

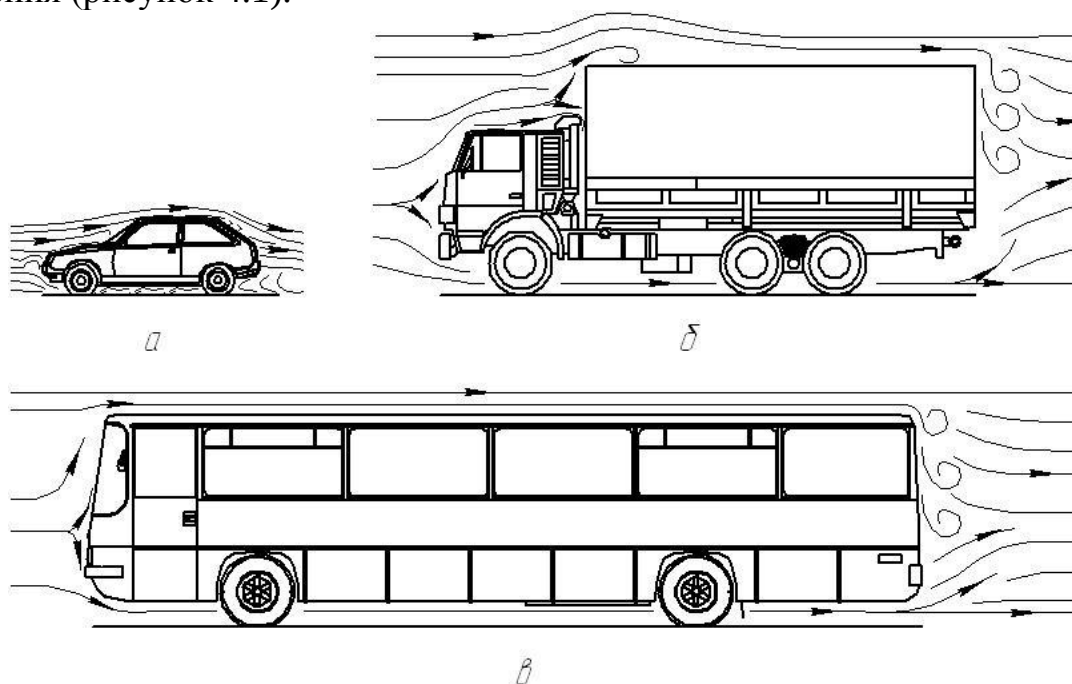


Рисунок 4.1 – Направление воздушных потоков:

а – легковых автомобилей с типом кузова хэтчбек; б – грузовых бортовых автомобилей обтянутых тентом; в – автобусов вагонной компоновки.

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 близь лежащие слои воздуха (8-10%);
- сопротивление, вызванное разностью давлений сверху и снизу автомобиля (5-8%).

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:

$$P_B = C_x \cdot F_B \cdot V^2, \quad (4.1)$$

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:

$$C_x = \frac{P_F}{F_B \cdot V^2} = 1, \quad (4.2)$$

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

Подставляя (4.2) в (4.1) получим:

$$C_x = \frac{P_B}{P_F}. \quad (4.3)$$

4.2. Описание лабораторного оборудования

Лабораторная установка (рисунок 4.2) 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.

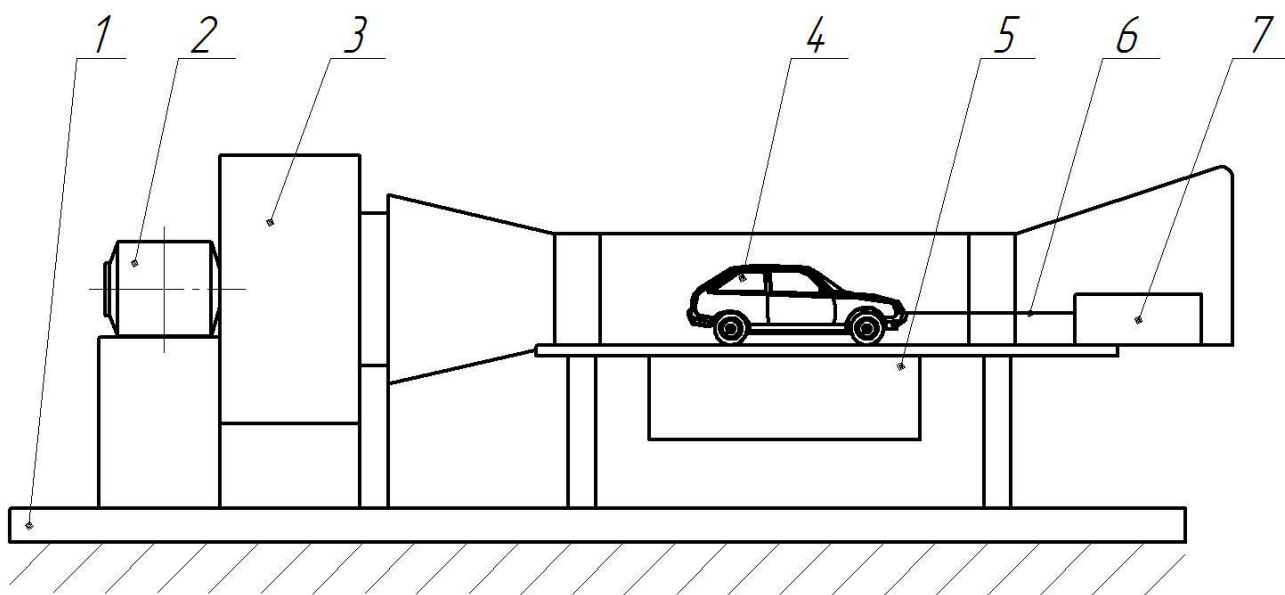


Рисунок 4.2 – Схема лабораторной установки

4.3. Порядок выполнения экспериментальных исследований

- 1) Вырезать из картона лобовые площади моделей автомобилей.
- 2) Рассчитать приблизительно значение площадей.
- 3) Закрепить модель на платформе, поместить ее в аэродинамической трубе и закрепить трос на рычаге динамометра.
- 4) Включить двигатель и снять установившиеся показания силы сопротивления воздуха P_B в пяти различных положениях воздушной заслонки. Значения записать в таблицу 6.1.
- 5) Закрепить на платформе 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.

4.4. 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 (4.1) 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 4.1 – 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			

4.4.1. 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.
- 2) Выбрать для своего автомобиля коэффициент сопротивления воздуха C_x (таблица 4.2).

Таблица 4.2 – 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

$$F_B = 0.78 \cdot III \cdot B, \quad (4.4)$$

где III – габаритная ширина автомобиля, м;

B - габаритная высота автомобиля, м.

– для грузовых автомобилей

$$F_B = K' \cdot B, \quad (4.5)$$

где K' - колея передних колес, м.

5) Рассчитать фактор обтекаемости W , Нс²/м².

$$W = C_x \cdot F_B. \quad (4.6)$$

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

$$P_{Bi} = W \cdot V_i^2, \quad (4.7)$$

где V_i - скорость движения автомобиля, м/с² (таблица 4.3).

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

$$N_{Bi} = \frac{P_{Bi} \cdot V_i}{1000}. \quad (4.8)$$

8) Результаты расчетов занести в таблицу 4.3.

Таблица 4.3 – 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.

4.5. Содержание отчета

- 1) Краткие теоретические сведения.
- 2) Схема проведения эксперимента.
- 3) Таблицы результатов измерений и вычислений 4.1 и 4.3.
- 4) Графики зависимости $P_B = f(V_i)$; $N_B = f(V_i)$.
- 5) Выводы по работе.

4.6. 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.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Понизовкин А.Н. Краткий автомобильный справочник/ А.Н. Понизовкин, Ю.М.Власко, М.Б.Ляликов; под ред. Понизовкина А.Н. – 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. Яхиева; под редакцией Машкова Е.А. – М.: Машиностроение, 1991.- 405 с.
5. Илларионов В.А. Теория автомобиля М.: Машиностроение, 1982 г. – 344 с.
6. Топливная экономичность автомобилей с бензиновыми двигателями/Т.У. Асмус [и др.] – М.: Машиностроение, 1988. – 504 с.

Заказ № _____ от « ____ » _____ 20 ____ Тираж _____ экз.
Изд-во СевНТУ