

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна  
Должность: проректор по учебной работе  
Дата подписания: 13.03.2023 10:45:42  
Уникальный программный ключ:  
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Юго-Западный государственный университет» (ЮЗГУ)**

**Кафедра технологии материалов и транспорта**

**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
**О.Г. Локтионова**  
« 9 »  2021 г.  


## **ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ СВОЙСТВА АВТОМОБИЛЕЙ**

Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Конструкция и элементы расчета автомобилей» для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства»

Курск 2021

УДК 629.113/115 (075.8)

Составители: В.И. Козликин, Б.А. Семенихин, А.А. Толкушев

Рецензент

Кандидат химических наук, доцент *Л.П. Кузнецова*

**Эксплуатационные свойства автомобилей:** Методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Конструкция и элементы расчета автомобилей» для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: В.И. Козликин, Б.А. Семенихин, А.А. Толкушев. Курск, 2021. 68 с.

Содержат разработки лабораторных занятий по дисциплине "Конструкция и элементы расчета автомобилей» (раздел «Эксплуатационные свойства автомобилей"). Изложены общие сведения об основных эксплуатационных свойствах автомобиля и методах определения показателей, характеризующих эти свойства. Указываются порядок выполнения работ, требования к отчетам и их содержанию. Приведены контрольные вопросы по каждой лабораторной работе.

Предназначены для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» очной и заочной форм обучения

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60×84 1/16.  
Усл.печ.л . Уч.-изд.л. . Тираж 100 экз. Заказ . Бесплатно.  
Юго-Западный государственный университет.  
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Лабораторная работа № 1. <b>Определение координат центра тяжести автомобиля.....</b>	<b>6</b>
Лабораторная работа № 2. <b>Оценочные показатели и характеристики разгонных и скоростных свойств автомобиля.....</b>	<b>10</b>
Лабораторная работа № 3. <b>Оценочные показатели и характеристики топливной экономичности автотранспортных средств .....</b>	<b>15</b>
Лабораторная работа № 4. <b>Методы испытаний и нормы эффективности тормозных систем.....</b>	<b>23</b>
Лабораторная работа № 5. <b>Определение показателей профильной (геометрической) проходимости автомобиля.....</b>	<b>33</b>
Лабораторная работа № 6. <b>Углы установки управляемых колес.....</b>	<b>38</b>
Лабораторная работа № 7. <b>Определение геометрических показателей маневренности автомобиля.....</b>	<b>45</b>
Лабораторная работа № 8. <b>Определение критических значений показателей устойчивости автомобиля.....</b>	<b>52</b>
Заключение.....	65
Библиографический список.....	66
Приложение. Классификация автотранспортных средств. (Выдержка из ГОСТ Р 52051-2003. Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения.).....	67

## ВВЕДЕНИЕ

В практикуме представлены лабораторные работы по определению показателей эксплуатационных свойств подвижного состава автомобильного транспорта.

Под эксплуатационными свойствами автомобиля понимаются объективные особенности его конструкции, которые проявляются в процессе эксплуатации и обуславливают способность автомобиля выполнять заданные функции – перемещать грузы и пассажиров. Выявление эксплуатационных свойств автомобиля и их количественная оценка позволяют судить о том, насколько конструкция автомобиля соответствует условиям эксплуатации и режимам его использования.

В настоящем лабораторном практикуме рассматриваются только те эксплуатационные свойства автомобиля, которые непосредственно проявляются в процессе движения. К ним, прежде всего, относятся: динамичность, топливная экономичность, проходимость, управляемость, устойчивость, плавность хода.

Физический смысл и содержание каждого из указанных свойств, а также лежащие в их основе рабочие процессы анализируются в соответствующих работах данного практикума.

Измерители и показатели эксплуатационных свойств подвижного состава устанавливаются различными нормативными документами – ГОСТами, ОСТами, стандартами ИСО, Правилами ЕЭК ООН и т. п. Для определения показателей эксплуатационных свойств проводятся испытания подвижного состава.

Инженерам-эксплуатационникам следует иметь в виду, что номенклатура показателей и методы их определения, предусмотренные промышленными стандартами, направлены в основном на то, чтобы выявить и оценить влияние конструкции на те или иные эксплуатационные свойства. Для этого испытания автомобилей проводят в стандартных дорожных и атмосферно-климатических условиях при строгой регламентации скоростных и нагрузочных режимов.

Так как в реальных условиях эксплуатации автомобиля работают в очень широком диапазоне дорожных и атмосферно-климатических условий, при интенсивном и широком варьировании скоростных и нагрузочных режимов, то на их эксплуатационные свойства первостепенное влияние оказывают

факторы внешней среды. При этом, чем меньше ухудшение показателей эксплуатационных свойств автомобиля при изменении условий эксплуатации от номинала, тем выше качество его конструкции.

Выполнение лабораторных работ позволяет оценить влияние условий внешней среды и нагрузочных режимов на показатели эксплуатационных свойств автомобилей и закрепить знания по научному разделу, который со времен Е.А. Чудакова принято называть «Теория автомобиля»

## Лабораторная работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ КООРДИНАТ ЦЕНТРА ТЯЖЕСТИ АВТОМОБИЛЯ

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Научиться определять координаты центра тяжести различных типов автомобилей с грузом.
2. Научиться определять координаты центра тяжести различных типов автомобилей без груза.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Важное значение для эксплуатации автомобилей имеет положение центра масс порожнего автомобиля и автомобиля с грузом (рисунок 1).

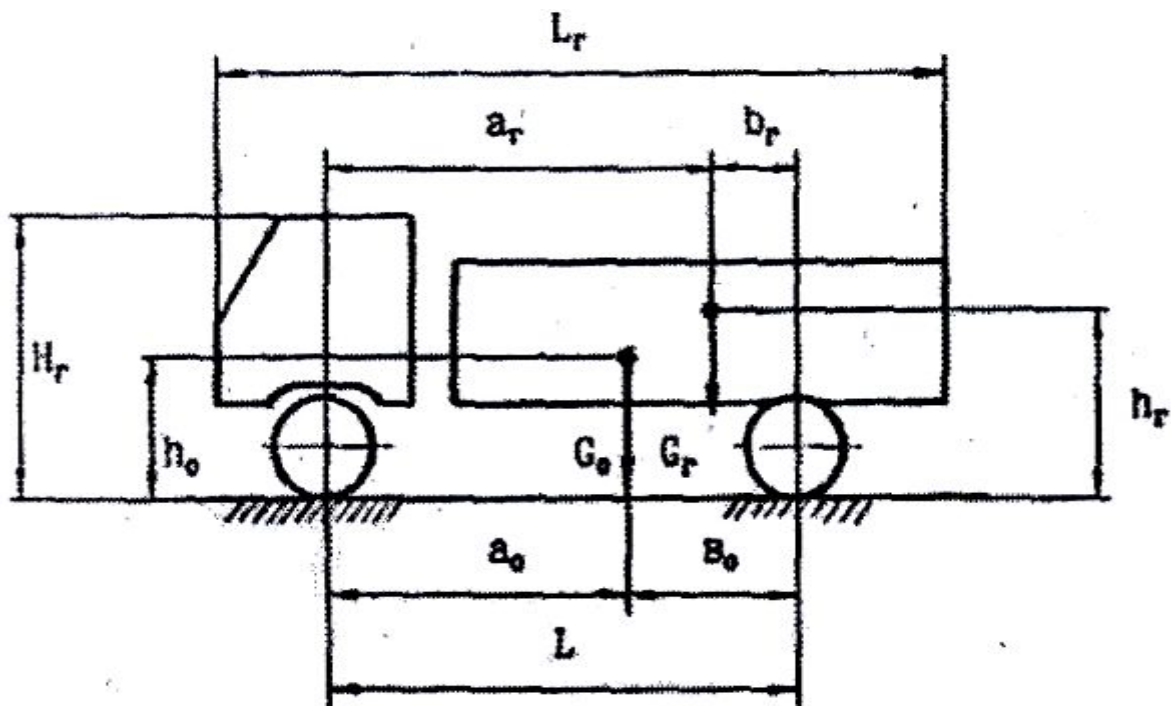


Рисунок 1 – Координаты центра масс порожнего автомобиля и автомобиля с грузом

Расстояния от центра масс загруженного автомобиля соответственно до переднего ( $a_r$ ) и заднего ( $b_r$ ) моста (тележки) можно определить по формулам

$$a_r = (M_{r2} / M_{\Pi}) \cdot L, \quad (1)$$

$$b_r = (M_{r1} / M_{\Pi}) \cdot L, \quad (2)$$

где  $L$  – база автомобиля, м;

$M_{\text{п}}$  – полная масса автомобиля, кг;

$M_{\text{г1}}$ , и  $M_{\text{г2}}$  – масса груженого автомобиля, приходящаяся соответственно на переднюю и заднюю оси, кг.

У незагруженного (порожного) автомобиля положение центра масс отличается от загруженного. Его координаты можно найти по формулам

$$a_0 = (M_{02} / M_0) \cdot L, \quad (3)$$

$$b_0 = (M_{01} / M_0) \cdot L, \quad (4)$$

где  $M_0$  – масса снаряженного автомобиля, кг;

$M_{01}$ ,  $M_{02}$  – масса снаряженного автомобиля, приходящаяся соответственно на переднюю и заднюю оси, кг.

Высота центра тяжести (масс автомобиля) в загруженном состоянии ( $h_{\text{г}}$ ) превышает высоту центра масс порожнего автомобиля ( $h_0$ ) и определяется по формуле

$$h_{\text{г}} = (M_0 \cdot h_0 + M_{\text{гр}} \cdot h_{\text{гр}}) / (M_0 + M_{\text{гр}}), \quad (5)$$

где  $M_{\text{гр}}$  – масса груза (для грузовых автомобилей – грузоподъемность автомобиля), кг,

$h_{\text{гр}}$  – высота центра тяжести груза (для грузовых автомобилей – в геометрическом центре кузова), м.

Значение  $h_0$  ориентировочно составляет: 0,50...0,60 м – у легковых автомобилей; 0,65...1,0 м – у автобусов; 0,75...1,05 м – у грузовых автомобилей.

Таблица 1 – Технические характеристики некоторых марок автомобилей, необходимые для определения центра тяжести

Марка автомобиля	База, м	Полная масса, кг	Масса	Масса	Масса
			груженого автомобиля, приходящаяся на переднюю / заднюю ось (тележку), кг	снаряжен- ного автомоби- ля, кг	снаряженного автомобиля, приходящаяся на переднюю / заднюю ось (тележку), кг
ГАЗ-52-03	3,7	5465	1520/3945	2815	1320/1495
ГАЗ-52-04	3,7	5170	1560/3610	2520	1220/1300
ГАЗ-53А	3,7	7400	1810/5590	3250	1460/1790
ЗиЛ-130-76	3,8	10525	2625/7900	4300	2120/2180
ЗиЛ-131	3,35+1,25	11685	3200/8485	6460	2900/3560
ЗиЛ-133Г2	3,71+1,4	17175	3670/13505	6850	2700/4175
ЗиЛ-133ГЯ	4,62+1,4	17835	4460/13375	7610	3290/4320
ЗиЛ-ММЗ- 4502	3,3	10825	2850/7975	4800	2200/2600
Урал-375Д	3,525+1,4	13025	3800/9225	7800	3610/4190
Урал-375Н	3,525+1,4	14925	4170/10755	7700	3520/4180
Урал-377Н	3,525+1,4	14950	3950/1100	7225	3360/3865
Урал-4320	3,525+1,4	13245	4300/8945	8020	4020/4000
МАЗ-5335	3,95	14950	4950/10000	6725	3425/3300
МАЗ-53352	5,0	16000	6000/10000	7450	4200/3250
МАЗ-5549	3,4	15375	5375/10000	7225	3600/3625
КамАЗ-5320	3,19+1,32	15305	4375/10930	7080	3320/3760
КамАЗ-53212	3,69+1,32	18225	4290/13935	8000	3600/4600
УАЗ-451ДМ	2,3	2660	1120/1540	1510	850/660
УАЗ-452Д	2,3	2620	1190/1430	1670	925/745
ГАЗ-66-01	3,3	5800	2715/3070	3470	2140/1330
ГАЗ-66-02	3,3	5970	2730/3040	3640	2340/1300
ГАЗ-САЗ-53Б	3,7	7400	1850/5550	3700	1510/2190
КрАЗ-257Б1	5,05+2,4	22500	4500/18000	10270	4180/6090
КрАЗ-260	4,6+1,4	22000	6620/15380	12775	6060/6715
КрАЗ-255Б1	4,6+1,4	19415	5440/13975	11690	5110/6580



## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить общие сведения.
2. Получить у преподавателя задание для выполнения лабораторной работы.
3. В соответствии с заданием, используя данные таблицей 1 определить координаты центра тяжести автомобиля с грузом и без него.
4. Сделать выводы по лабораторной работе.
5. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Общие сведения.
3. Расчет координат центра тяжести автомобиля с грузом и без него.
4. Выводы по лабораторной работе.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как определить координаты центра тяжести автомобиля с грузом?
2. Как определить координаты центра тяжести автомобиля без груза?
3. Почему координаты центра тяжести загруженного автомобиля не совпадают с координатами центра тяжести порожнего автомобиля?
4. На какие эксплуатационные характеристики оказывает влияние положение центра тяжести?

## Лабораторная работа № 2

### ОЦЕНОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ РАЗГОННЫХ И СКОРОСТНЫХ СВОЙСТВ АВТОМОБИЛЯ

#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с оценочными показателями и характеристиками разгонных и скоростных свойств автомобилей.
2. Изучить методику проведения испытаний автомобилей для оценки разгонных и скоростных свойств.

#### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Номенклатуру оценочных показателей и характеристик разгонных и скоростных свойств АТС, а также методы их испытаний регламентирует ГОСТ 22576-90.

Настоящий стандарт распространяется на автотранспортные средства (АТС) всех типов, кроме внедорожных.

К показателям и характеристикам разгонных свойств (приемистости) относится:

- время разгона на заданном пути;
- время разгона до заданной скорости;
- скоростная характеристика "Разгон-выбег";
- скоростная характеристика "Разгон на передаче", обеспечивающий максимальную скорость.

Для оценки скоростных свойств используется показатель максимальной скорости.

Согласно ГОСТ 22576-90 показатели скоростных свойств и приемистости определяются в стандартных дорожных и атмосферных условиях при нормальном механическом состоянии автомобиля и полной нагрузке (для АТС с полной массой до 3,5т нагрузка 50%, но не менее 180кг).

Измерение скоростных и разгонных свойств проводят на твердом, гладком, горизонтальном и сухом участке дороги с хорошим сцеплением либо на стенде с беговыми барабанами, обеспечивающем воспроизведение участка должна быть не менее 2000кг, продольный уклон - не более 0,5% на участке длиной не более 50м.

Максимальная скорость движения определяется на передаче, обеспечивающей достижения наибольшей устойчивости скорости

движения при полной подаче топлива (педаль управления подачи топлива должна быть нажата до упора). Согласно ГОСТ 21398-89 на горизонтальной дороге с сухим, твердым и ровным покрытием максимальная скорость грузовых АТС должна быть не менее:

\* 110км/ч - для одиночных автомобилей с полной массой не более 3,5т;

\* 95км/ч - одиночных автомобилях с полной массой 3,5т и более;

\* 85км/ч - для автомобилей в составе автопоезда;

\* 100км/ч - для автомобилей в составе автопоезда, специально предназначенного для междугородных и международных перевозок.

Время разгона на заданном пути длиной 400 и 1000 м определяют непосредственным его измерением или по результатам записи режима разгона АТС с места. Замеры выполняют в обоих направлениях движения, двукратно, непосредственно один за другим.

Движение начинают с передачи, используемой при трогании с места. Разгон выполняют при полной подаче топлива и переключении передач при номинальной скорости (номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя) или при скорости (частоте вращения), ограниченной регулятором. При наличии делителя в коробке передач переключения передач при работе АТС производят согласно рекомендации предприятия-изготовителя; при отсутствии таких рекомендаций используют верхний ряд передач. Режимы работы автоматической трансмиссии должны соответствовать требованиям технической документации.

Время разгона с места до заданной скорости устанавливается аналогичным образом или по записанному с помощью приборов графику разгона. При этом устанавливаются следующие значения конечной скорости разгона:

\*100км/ч - для АТС всех типов полной массой до 3,5т;

\*80км/ч - для грузовых автомобилей, автобусов (кроме городских ) полной массой свыше 3,5т и автопоездов;

\*60км/ч - для городских автобусов.

Для АТС, имеющих максимальную скорость ниже заданной или выше ее не более чем на 5 км/ч, принимается ближайшая меньшая скорость, кратная десяти.

Скоростная характеристика «Разгон-выбег» (рисунок 2) - это зависимость скорости движения автомобиля от пути разгона с места и его выбега с выключенной передачей до остановки. Для определения характеристики автомобиль разгоняется с места до максимальной скорости, достигаемой на пути 2000м, после чего переводится в накат до остановки.

Параметры движения (путь, время, скорость) следует регистрировать с помощью измерительной аппаратуры. Допускается параметры разгона и выбега определять отдельно, если длина измерительного участка недостаточна.

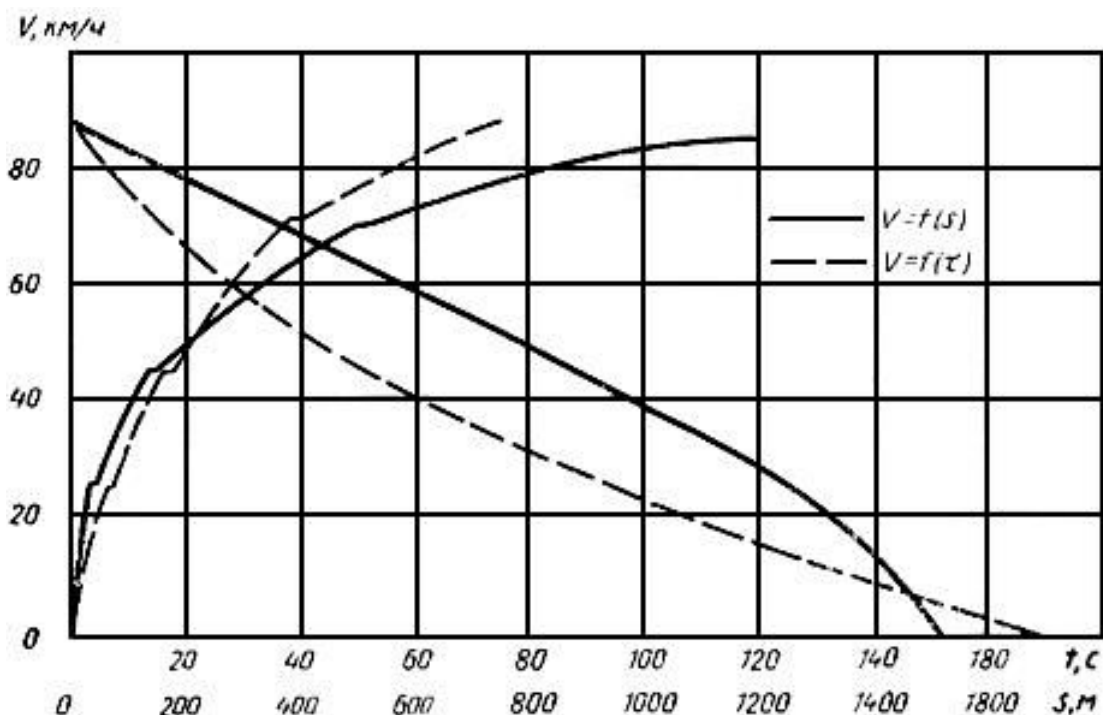


Рисунок 2 – Скоростная характеристика «Разгон-выбег»

Скоростная характеристика «Разгон на передаче, обеспечивающей максимальную скорость» (высшая или предшествующая) определяется при разгоне автомобиля с минимальной скорости на этой передаче до скорости 90% от максимальной при полной подаче топлива (рисунок 3).

Минимальную скорость устанавливают до начала измерительного участка. Применяемая передача должна быть отражена в названии характеристики.

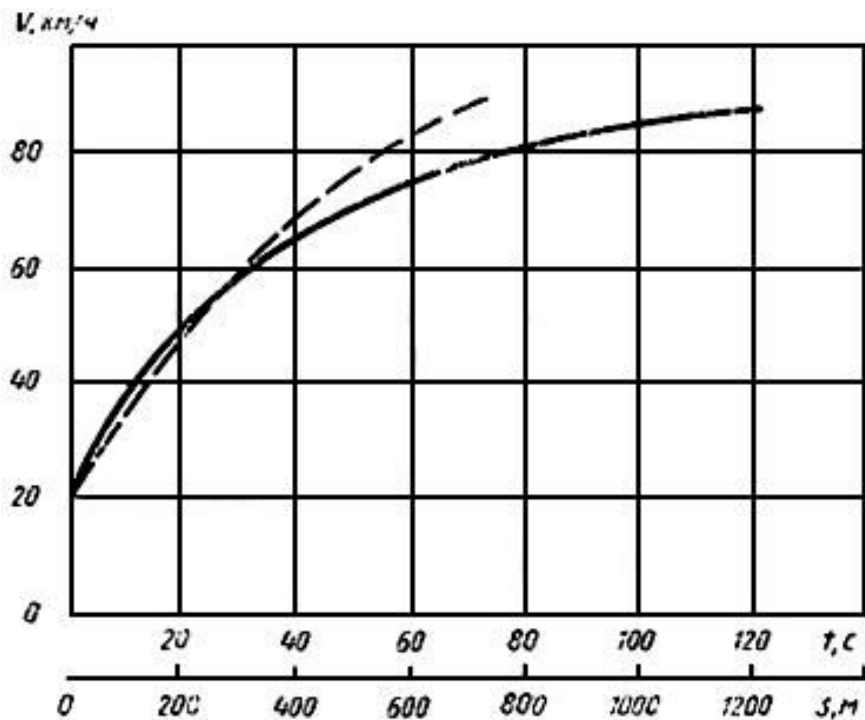


Рисунок 3 - Скоростная характеристика "Разгон на передаче, обеспечивающей максимальную скорость»

### ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить общие сведения.
2. Составить отчет.

### СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Общие сведения.

### КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какой показатель используется для оценки скоростных свойств автотранспортных средств?
2. Какие показатели и характеристики используются для оценки разгонных свойств (приемистости) АТС?
3. В каких условиях определяется (в соответствии с ГОСТ22576-90) показатель максимальной скорости?
4. Какой должна быть максимальная скорость грузовых АТС согласно ГОСТ 21398-89 на горизонтальной дороге с сухим,

твердым и ровным покрытием?

5. В каких условиях определяют время разгона на заданном пути?

6. Какими устанавливаются значения конечной скорости разгона для разных АТС при определении времени разгона с места до заданной скорости?

7. Что представляет собой скоростная характеристика "Разгон-выбег"?

8. В каких условиях определяют скоростную характеристику "Разгон на передаче, обеспечивающей максимальную скорость»?

Лабораторная работа № 3  
ОЦЕНОЧНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ И ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ  
СРЕДСТВ

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

1. Ознакомиться с оценочными показателями и характеристиками топливной экономичности автомобилей.
2. Изучить методику проведения испытаний автомобилей на топливную экономичность.

**ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ**

ГОСТ Р 54810 - 2011 распространяется на автомобильные транспортные средства (далее - АТС) с двигателями с принудительным зажиганием или с воспламенением от сжатия и устанавливает методы испытаний.

Стандарт не распространяется на АТС с гибридными силовыми установками, с двигателями, работающими на газообразном топливе, а также на АТС, не предназначенные для передвижения по дорогам общего пользования.

Для оценки топливной экономичности автотранспортных средств ГОСТ Р 54810 - 2011 предусматривает следующие показатели и характеристики:

- расход топлива при заданных скоростях движения;
- расход топлива в магистральном цикле на дороге;
- расход топлива в городском цикле на дороге;
- топливная характеристика установившегося движения;
- контрольный расход топлива

Испытания проводят применительно к следующим условиям и режимам:

А. Нагрузка: 100% - для всех АТС с полной массой свыше 3,5т; 50% (но не менее 180кг) - для АТС с полной массой до 3,5т;

Б. Дорожные условия: измерительные дорожные участки должны быть прямолинейными, горизонтальными, с цементно- или асфальтобетонным ровным, сухим и чистым покрытием (допустимы продольные уклоны не более 0,5% на участках длиной не более 50м, поперечные уклоны не более 3%) и иметь длину не менее 1000м;

В. Атмосферные условия: отсутствие осадков; скорость ветра 3м/с (при порывах - до 5м/с), замеряемая на высоте 0,7м над поверхностью дороги; атмосферное давление от 91 до 104кПа; относительная влажность воздуха не более 95%; температура воздуха от 276 до 308К (от 3°С до 35°С).

Соответствие атмосферных условий при проведении испытаний проверяют перед началом и в конце испытаний непосредственно в зоне расположения измерительного участка дороги.

Расход топлива при заданных скоростях движения определяют в зависимости от типа АТС. Устанавливают значения заданных скоростей движения:

- 40 и 60км/ч - для городских автобусов и полноприводных автомобилей с полной массой свыше 3,5т;

- 60 и 80км/ч - для грузовых автомобилей и автопоездов, а также специальных, междугородных и дальнего следования автобусов с полной массой свыше 3,5т.;

- 90 и 120км/ч - для легковых и грузовых автомобилей, а также автобусов с полной массой до 3,5т.

Если максимальная скорость АТС меньше заданной или превышает ее не более чем на 5км/ч, то скорость задают ближайшую меньшую, кратную десяти.

Для определения названного показателя измеряют расход топлива в заездах АТС по измерительному участку дороги на высшей передаче коробки передач и раздаточной коробки со скоростями, отличающимися от заданных не более чем на 2км/ч.

Расходы топлива при заданных скоростях движения допускается определять по графику топливной характеристики установившегося движения в соответствии с рисунком 7.

Среднюю скорость движения АТС  $V_{cp}$ , км/ч, и средний расход топлива  $Q_s$ , л/100км, по результатам испытаний вычисляют по формулам

$$V_{cp} = 3,6S/t, \quad (6)$$

$$Q_s = 100Q/S, \quad (7)$$

где  $S$  - длина измерительного участка, м;

$t$  - среднее время, затраченное на проезд измерительного участка, с;



$Q$  - абсолютный расход топлива, полученный при испытаниях,  $\text{см}^3$ .

Расходы топлива при заданных скоростях движения определяют линейным интерполированием между средними значениями расходов топлива, полученными при испытаниях или как пересечение ординаты заданной скорости движения с кривой топливной характеристики установившегося движения (рисунок 6).

Контрольный расход топлива - это осредненный путевой расход топлива, соответствующий двум установившимся скоростям движения автомобиля на высшей передаче с определенной массой груза, на прямой горизонтальной дороге, с твердым ровным покрытием при стандартных атмосферно - погодных условиях.

Контрольный расход топлива для всех АТС (за исключением автомобилей с полной массой до 3,5т) вычисляют по формуле:

$$q_{\text{кр.}} = (q_{S_1} - q_{S_2})/2, \quad (8)$$

где  $q_{S_1}$  и  $q_{S_2}$  - расход топлива, соответствующие двум заданным скоростям движения, л/100км.

Для легковых и всех остальных автомобилей с полной массой до 3,5т численные значения контрольного расхода топлива определяют по формуле:

$$q_{\text{кр.}} = 0,25 \cdot (q_{S_1} + q_{S_2}) + 0,5 \cdot q_{\text{гец}}, \quad (9)$$

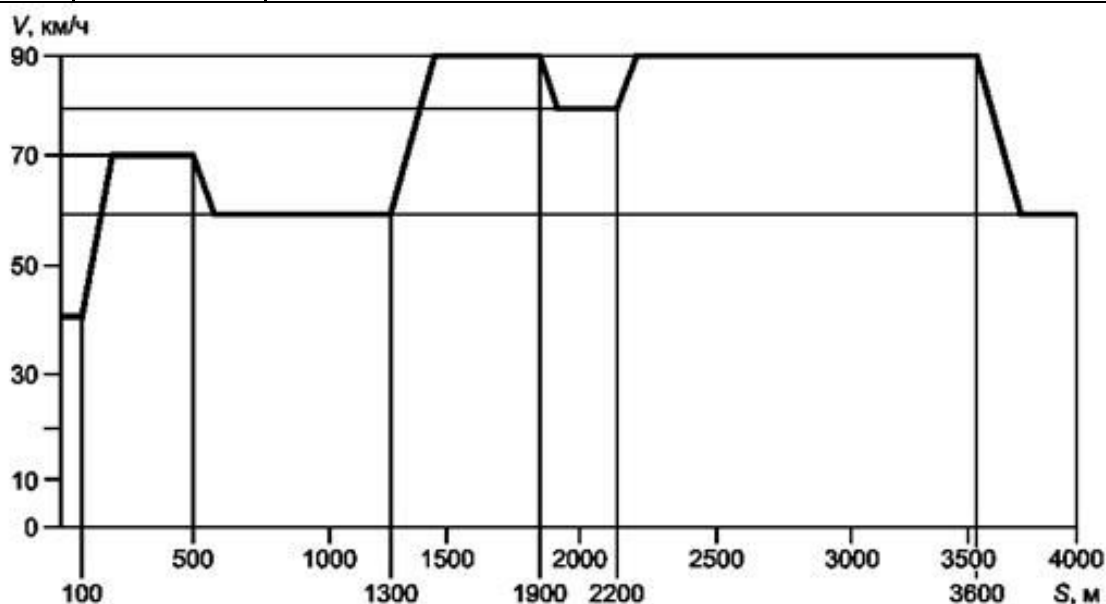
где  $q_{\text{гец}}$  - расход топлива в городском ездовом цикле (гец) на стенде, л/100км.

Расход топлива в магистральном цикле на дороге - это расход топлива, полученный на прямой горизонтальной дороге при имитации магистрального режима движения автомобиля.

Скоростной режим движения имитируется в соответствии с операционной картой (таблица 2), предусматривающей разгоны, движение с постоянной скоростью, замедление двигателем. Магистральный ездовой цикл (рисунок 5) осуществляется на прямой, горизонтальной, асфальтобетонной или цементобетонной дороге длиной не менее 4км.

Таблица 2 - Операционная карта

Номер операции	Отметка пути, м	Последовательность операции
1	-	Установить скорость 40км/ч
2	0	В момент пересечения АТС отметки «нуль» (начало измерительного участка) включить приборы, измеряющие время движения и расход топлива
3	0 - 100	Движение со скоростью 40км/ч до отметки 100м
4	100 - 500	Разгон до скорости 70км/ч и движение с этой скоростью до отметки 500м
5	500 - 700	Замедление двигателем до скорости 60км/ч и движение с этой скоростью до отметки 700м
6	700 - 1300	Движение со скоростью 60км/ч до отметки 1300м
7	1300 - 1900	Разгон до скорости 90км/ч и движение с этой скоростью до отметки 1900м
8	1900 - 2200	Замедление двигателем до скорости 80км/ч и движение с этой скоростью до отметки 2200м
9	2200 - 3600	Разгон до скорости 90км/ч и движение с этой скоростью до отметки 3600м
10	3600 - 3800	Замедление двигателем до скорости 60км/ч
11	3800 - 4000	Движение со скоростью 60км/ч
12	-	В момент пересечения АТС отметки 4000м выключить приборы, измеряющие время движения и расход топлива
13	-	Занести результаты измерений в протокол испытаний

Рисунок 5 - Схема магистрального цикла на дороге для АТС категорий  $M_1$ ,  $M_2$  и  $M_3$  класса III (см. приложение)

Расход топлива в городском цикле на дороге - это расход топлива, полученный на прямой горизонтальной дороге при регламентированном режиме движения, имитирующем режим движения автомобиля в городе. Операционная карта городского ездового цикла (таблица 3) предусматривает не только разгоны, движение с постоянной скоростью и замедления двигателем, но и полные и частичные торможения.

Таблица 3 - Операционная карта

Номер операции	Отметка пути, м	Последовательность операции
1	0	Установить АТС у начала измерительного участка. В момент трогания включить приборы, измеряющие время движения и расход топлива
2	0 - 125	Разгон до скорости 30км/ч и движение со скоростью 30 км/ч до отметки 125м
3	125 - 250	Разгон до скорости 35км/ч и движение со скоростью 35 км/ч до отметки 250м
4	250 - 300	Торможение двигателем до скорости 15км/ч
5	300 - 350	Продолжить движение со скоростью 15км/ч до отметки 350м
6	350 - 700	Разгон до скорости 50км/ч и движение со скоростью 50 км/ч до отметки 700м
7	700 - 975	Замедление двигателем до скорости 25км/ч и движение со скоростью 25км/ч до отметки 975м
8	975 - 1000	Служебное торможение до полной остановки. Работа на холостом ходу 15с
9	1000 - 1300	Разгон до скорости 40км/ч и движение со скоростью 40км/ч до отметки 1300м
10	1300 - 1900	Разгон до скорости 60км/ч и движение с постоянной скоростью 60км/ч до отметки 1900м
11	1900 - 2200	Замедление двигателем до скорости 45км/ч
12	2200 - 2355	Продолжить движение со скоростью 45км/ч до отметки 2355м
13	2355 - 2400	Служебное торможение до скорости 30км/ч
14	2400 - 2465	Продолжить движение со скоростью 30км/ч до отметки 2465м
15	2465 - 2500	Служебное торможение до полной остановки. Работа на холостом ходу 15с
16	2500 - 2625	Разгон до скорости 30км/ч и движение с постоянной скоростью 30км/ч до отметки 2625м
17	2625 - 2825	Разгон до скорости 35км/ч и движение со скоростью

Номер операции	Отметка пути, м	Последовательность операции
		35км/ч до отметки 2825м
18	2825 - 2965	Замедление двигателем до скорости 15км/ч
19	2965 - 3000	Служебное торможение до полной остановки. Работа на холостом ходу 15с
20	3000 - 3250	Разгон до скорости 40км/ч и движение со скоростью 40км/ч до отметки 3250м
21	3250 - 3275	Служебное торможение до скорости 30км/ч
22	3275 - 3300	Продолжить движение со скоростью 30км/ч до отметки 3300м
23	3300 - 3850	Разгон до скорости 50км/ч и движение со скоростью 50км/ч до отметки 3850м
24	3850 - 3925	Служебное торможение до скорости 25км/ч
25	3925 - 3975	Продолжить движение с постоянной скоростью 25 км/ч до отметки 3975м
26	3975 - 4000	Служебное торможение до полной остановки. В момент остановки АТС выключить приборы, измеряющие время движения и расход топлива
27	-	Занести результаты измерений в протокол испытаний

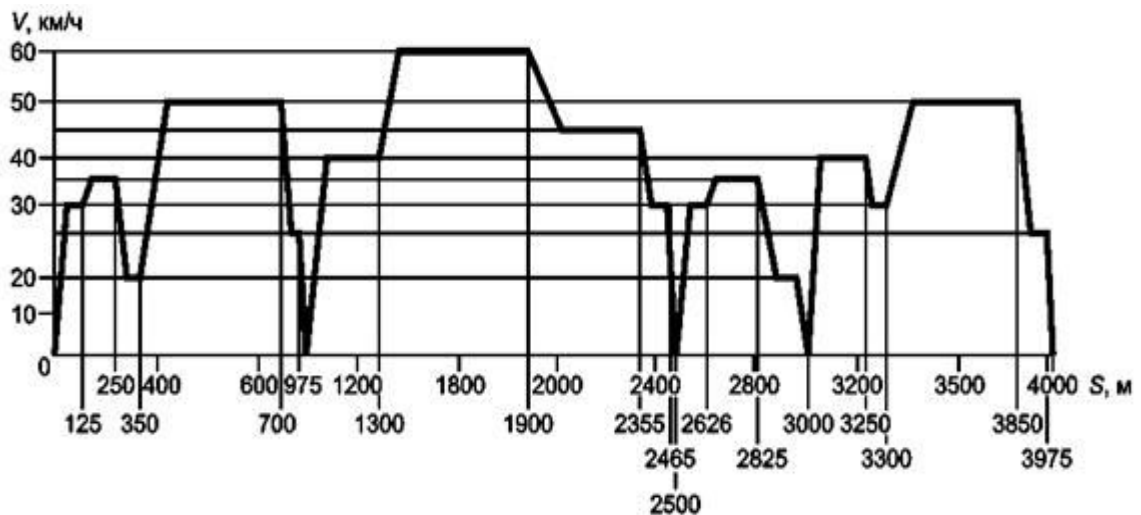


Рисунок 6 - Схема городского цикла на дороге для АТС категорий  $N_2$ ,  $N_3$ ,  $M_2$  класса II (см. приложение)

Топливная характеристика установившегося движения (рисунок 7) - это зависимость путевого расхода топлива от скорости установившегося движения автомобиля.

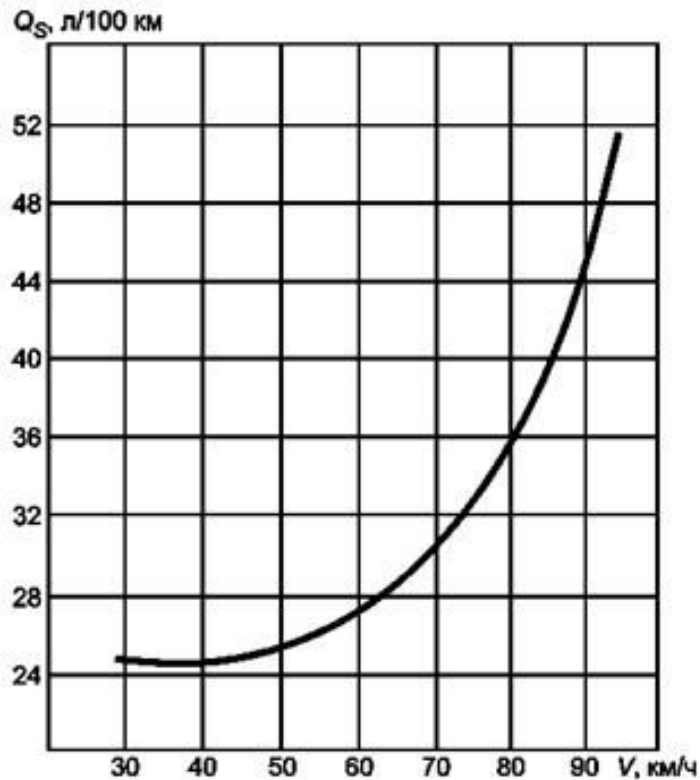


Рисунок 7 - Топливная характеристика установившегося движения

При экспериментальном определении топливной характеристики условия проведения испытаний аналогичны условиям определения контрольного расхода топлива. Единственное отличие заключается в том, что путевой расход топлива определяется не при двух фиксированных скоростях движения, а для целого ряда скоростей, кратных десяти, начиная с максимальной и кончая минимальной устойчивой скоростью. При этом скорости движения легковых автомобилей задают через 20 км/ч, а грузовых и автобусов через 10 км/ч. По своему физическому смыслу данная характеристика выражает минимальный расход топлива при различных скоростях установившегося движения автомобиля на высшей передаче с заданной нагрузкой.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить общие сведения.
2. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Общие сведения.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. На какие автомобильные транспортные средства распространяется ГОСТ Р 54810 – 2011?
2. Какие показатели и характеристики предусматривает ГОСТ Р 54810 - 2011 для оценки топливной экономичности автотранспортных средств?
3. Применительно к каким условиям и режимам проводят испытания на топливную экономичность?
4. Как определяют расход топлива при заданных скоростях движения?
5. Что такое контрольный расход топлива и как его определяют?
6. Что такое расход топлива в магистральном цикле на дороге? Как при этом имитируется скоростной режим движения?
7. Приведите определение понятия «расход топлива в городском цикле на дороге». Что предусматривает операционная карта городского ездового цикла?
8. Приведите определение понятия «топливная характеристика установившегося движения». Каковы условия проведения испытаний при экспериментальном определении топливной характеристики?

Лабораторная работа № 4  
МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ И НОРМЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ  
ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Ознакомиться с нормами эффективности тормозных систем.
2. Изучить методику проведения испытаний тормозных систем.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

В общем случае АТС имеют 4 тормозные системы: рабочую, запасную, стояночную и вспомогательную.

В Российской Федерации методы испытаний и нормы эффективности тормозных систем АТС в автопромышленности регламентируются соответственно ОСТ 38.001.067-86 и ГОСТ 22895-77, а в условиях эксплуатации - ГОСТ 25478-91. Основным международным европейским предписанием, регламентирующим требования к тормозным системам автомобилей, является Правила № 13 ЕЭК ООН. В странах ЕЭС действуют также директивы ЕЭС 88/194, 85/647, 79/489 и др., которые содержат требования к тормозным системам, в основном соответствующие Правилам № 13 ЕЭК ООН.

**Промышленные испытания.** Промышленные стандарты (ГОСТ 22895-77 и ОСТ 38.001.067-86) распространяются на опытные образцы и АТС серийного и массового производства.

Испытания проводят на прямом горизонтальном участке дороги с твердым, ровным и сухим асфальтобетонным покрытием при температуре от +5 до +30 °С. Скорость ветра при испытаниях не должна превышать 5 м/с. Перед испытаниями агрегаты и механизмы автомобиля прогреваются путем безостановочного движения в течение 30 мин со скоростью 0,8...0,9 от максимальной, но не выше 100 км/ч.

Для *рабочей тормозной системы* предусмотрены испытания трех типов: испытание 0, испытание I и испытание II.

*Испытания 0* предназначены для определения эффективности рабочей тормозной системы с «холодными» тормозами (температура на поверхности тормозного барабана не превышает 100 °С). При этом выполняется 4 экстренных торможения (по два

контрольных торможения в каждом направлении дороги). Оценка эффективности тормозной системы осуществляется по двум показателям: установившемуся замедлению и длине тормозного пути. Требования к тормозной системе при испытании 0 приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Требования к тормозной системе при испытаниях 0 и I

Тип АТС	Категория АТС	Начальная скорость, км/ч	Усилия на педали, Н	Установившееся замедление, м/с <sup>2</sup> , не менее		Тормозной путь, м, не более	
				0	1	0	1
Пассажирские АТС (до 8 мест, кроме водителя)	M <sub>1</sub>	80	490	7,0	5,4	43,2	54,0
Пассажирские АТС (св. 8 мест, с полной массой до 5 тонн)	M <sub>2</sub>	60	686	7,0	5,3	25,8	32,3
То же (с полной массой свыше 5 тонн)	M <sub>3</sub>	60	686	6,0	4,5	32,1	40,1
Грузовые автомобили с полной массой до 3,5 тонн	N <sub>1</sub>	70	686	5,5	4,1	44,8	56,0
Грузовые автомобили с полной массой от 3,5 до 12 тонн	N <sub>2</sub>	50	686	5,5	4,0	25,0	31,3
Грузовые автомобили с полной массой свыше 12 тонн	N <sub>3</sub>	40	686	5,5	4,0	17,2	21,5



*Испытания I* предназначены для определения остаточной эффективности рабочей тормозной системы АТС при нагретых тормозах. Испытания проводят в два этапа. На первом (подготовительном) этапе тормозные механизмы автомобиля нагревают путем выполнения специальной серии из 15 или 20 служебных торможений. При этом добиваются, чтобы поглощенная тормозными механизмами энергия была эквивалентна количеству энергии, производимой за тот же промежуток времени при непрерывном торможении под уклон 7 % со скоростью 40 км/ч на пути 1,7 км. При этом испытания тормозной системы должны производиться не позже чем через 45 с после завершения нагрева тормозов. Непосредственно определение эффективности торможения осуществляется на втором этапе. При этом допускается проводить не более 2-х контрольных экстренных торможений, интервал времени между которыми не должен превышать 60 с. Величина установившегося замедления и длина тормозного пути должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 3.

*Испытания II* предназначены для определения остаточной эффективности рабочей тормозной системы автомобилей категорий М<sub>2</sub>, М<sub>3</sub>, N<sub>2</sub> и N<sub>3</sub> при непрерывном торможении на затяжных спусках. Испытания II, как и I, проводят в 2 этапа. На первом (подготовительном) этапе производится нагрев тормозов. Это делается обычно путем буксирования заторможенного АТС тягачом по горизонтальному участку дороги. При этом тормозные механизмы испытуемого АТС должны поглотить столько же энергии, сколько ее поглощается при непрерывном торможении под уклон 6% со скоростью 30 км/ч на пути 6 км.

При определении эффективности *запасной тормозной системы* выполняются эти же виды испытаний. При этом имитируются отказы следующих элементов рабочей тормозной системы:

- контура привода передних тормозов;
- контура привода задних тормозов;
- усилителя тормозного привода;
- регулятора тормозных сил;
- тормозной системы прицепа (для автопоездов).

Имитация отказов контуров осуществляется путем их разгерметизации, усилителя – путем отключения его от источника

энергии (или вакуума), регулятора – отсоединением нагрузочного рычага регулятора от неподдрессоренной массы и установкой его в свободное положение. Испытания проводят при имитации отказа только одного элемента тормозной системы. Требования к эффективности запасной тормозной системе представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Требования к запасной тормозной системе автомобиля

Тип АТС	Категория АТС	Начальная скорость, км/ч	Усилие на педали, Н	Установивш. замедление, $\text{м/с}^2$ , не менее	Тормозн. путь, м, не более
Пассажирские АТС (до 8 мест, кроме водителя)	$M_1$	80	490	3,0	90,1
Пассажирские АТС (св. 8 мест, с полной массой до 5 тонн)	$M_2$	60	686	3,0	52,2
То же (с полной массой свыше 5 тонн)	$M_3$	60	686	3,0	52,2
Грузовые автомобили с полной массой до 3,5 тонн	$N_1$	70	686	2,8	79,0
Грузовые автомобили с полн. массой от 3,5 до 12 тонн	$N_2$	50	686	2,8	42,5
Грузовые автомобили с полной массой свыше 12 тонн	$N_3$	40	686	2,8	28,4

Эффективность *стояночной тормозной системы*, должна быть такой, чтобы при приложении к рычагу тормоза усилия не более 588 Н (392 Н для категории  $M_1$ ) суммарная тормозная сила

удерживала полностью груженое автотранспортное средство на уклоне, заданном техническими условиями, но не менее: 25 % – для АТС категории  $M_1$ ; 20 % – категорий  $M_2$ ,  $M_3$  и  $N$ ; 18 % – категории 0 и автопоездов; 12 % – автомобилей-тягачей при отсутствии торможения других звеньев автопоезда.

*Вспомогательная тормозная система* должна обеспечивать без применения иных тормозных систем спуск автотранспортного средства по уклону 7 % протяженностью 6 км со скоростью  $(30 \pm 2)$  км/ч, при использовании в качестве вспомогательной тормозной системы только двигателя –  $(30 \pm 5)$  км/ч.

**Эксплуатационные испытания.** Оценка эффективности тормозных систем автомобилей, находящихся в эксплуатации, производится в соответствии с ГОСТ 25478–91. Данный стандарт применяется при проверке технического состояния тормозных систем всех 6 категорий АТС: легковых автомобилей, автобусов, грузовых автомобилей и автопоездов. Он предусматривает как дорожные, так и стендовые испытания.

*Рабочая тормозная система.* При ее дорожных испытаниях производится оценка не только эффективности торможения, но и устойчивости АТС. Показателями эффективности торможения служат тормозной путь и установившееся замедление, а устойчивости - линейное отклонение автотранспортного средства.

*Дорожные испытания* автомобилей производят на прямой, ровной, горизонтальной, сухой и чистой асфальтобетонной дороге при номинальной загрузке или без нее. Автомобиль с "холодными" тормозами разгоняют до скорости 43...45 км/ч после чего от трансмиссии отсоединяется двигатель. В момент, когда скорость станет 40 км/ч, производится полное экстренное торможение путем однократного нажатия на педаль с усилием 686 Н (490 Н – для автомобилей категории  $M_1$ ). При этом производится не менее 2-х измерений.

Рабочая тормозная система считается выдержавшей испытания, если:

1. Тормозной путь и установившееся замедление соответствуют нормам эффективности (таблица б);
2. Автомобиль при торможении сохраняет устойчивость без каких-либо корректирующих воздействий водителя, т. е. линейное отклонение находится в пределах следующих норм:

- 1,25м – для АТС. габаритная длина и ширина которых равны или менее соответственно 5 и 2м;

- 1,5м – для АТС, габаритная длина которых более 5м или ширина которых более 2м, но не превышает 2,5м;

- 1,75м – для АТС, габаритная ширина которых более 2,5м, но не превышает 3м.

Таблица 6 – Нормы эффективности рабочей тормозной системы

Тип АТС	Усилие на педали, Н	Тормозной путь, м	Время срабатывания, с	Коэффициент осевой неравномерности	Установившееся замедление, м/с <sup>2</sup>	Удельная тормозная сила
	не более		не более		не более	
	Одиночные автомобили					
M <sub>1</sub>	490	12,9	0,5	0,09	6,8	0,64
M <sub>2</sub>	686	17,0	0,8	0,09	6,8	0,55
M <sub>3</sub>	686	17,4	0,8	0,11	5,7	0,55
N <sub>1</sub>	686	19,0	0,7	0,11	5,7	0,46
N <sub>2</sub>	686	20,1	0,8	0,11	5,7	0,46
N <sub>3</sub>	686	19,7	0,8	0,11	6,2	0,46
Автопоезд						
M <sub>1</sub>	490	16,5	0,5	0,09	5,9	0,47
M <sub>2</sub>	686	20,6	0,8	0,09	5,7	0,42
M <sub>3</sub>	686	19,5	0,9	*	5,5	0,51
N <sub>1</sub>	686	21,8	0,7	0,11	4,6	0,38
N <sub>2</sub>	686	21,3	0,9	0,09	5,5	0,46
N <sub>3</sub>	686	20,8	0,9	*	5,5	0,46

\* устанавливается для 1-ой и последующих осей тягача и прицепов в зависимости от состава автопоезда ( $K_H = 0.09...0.15$ ).

При *стендовых испытаниях* показателями эффективности торможения являются: удельная тормозная сила и время срабатывания тормозного привода, а показателями устойчивости:

а) одиночного автомобиля – коэффициент неравномерности тормозных сил колес оси;

б) автопоезда – коэффициент неравномерности осевых сил колес оси, неодновременность срабатывания тормозного привода звеньев автопоезда; коэффициент совместимости звеньев автопоезда.

Удельная тормозная сила ( $\gamma$ ) определяется по формуле

$$\gamma = \sum_{i=1}^n P_{\text{ТОР}1} / G_a, \quad (10)$$

где  $\sum P_{\text{ТОР}1}$  – сумма максимальных тормозных сил, развиваемых тормозными механизмами всех колес.

Коэффициент осевой неравномерности ( $K_H$ ) выражает неравенство тормозных сил, создаваемых правым и левым колесом оси:

$$K_H = \left| \frac{P_{\text{ТОР}}^{\text{П}} - P_{\text{ТОР}}^{\text{Л}}}{P_{\text{ТОР}}^{\text{П}} + P_{\text{ТОР}}^{\text{Л}}} \right| \cdot 100\%, \quad (11)$$

где  $P_{\text{ТОР}}^{\text{П}}$  и  $P_{\text{ТОР}}^{\text{Л}}$  – тормозные усилия на правом и левом колесе оси автомобиля.

Значение коэффициента совместимости звеньев автопоезда ( $K_C$ ) рассчитывается по формулам

- для двухзвенного прицепного автопоезда:

$$K_C = \gamma_{\text{ТП}} / \gamma_{\text{ТТ}}, \quad (12)$$

где  $\gamma_{\text{ТП}}$  и  $\gamma_{\text{ТТ}}$  – удельная тормозная сила прицепа и тягача;

- для трехзвенного прицепного автопоезда:

$$K_{C1} = \gamma_{\text{ТП}1.2} / \gamma_{\text{ТТ}}, \quad (13)$$

$$K_{C2} = \gamma_{\text{ТП}2} / \gamma_{\text{ТТ.П}1}, \quad (14)$$

где  $K_{c1}$ ,  $K_{c2}$  – коэффициенты совместимости звеньев автопоезда, характеризующие соотношение между удельными тормозными силами двух прицепов и тягача и второго прицепа и тягача с первым прицепом.

*Общая удельная тормозная сила* определяется по формулам  
- первого и второго прицепных звеньев:

$$\gamma_{\text{ТП1.2}} = \frac{P_{\text{ТП1}} + P_{\text{ТП2}}}{g(M_{\text{П1}} + M_{\text{П2}})}, \quad (15)$$

- тягача и первого прицепного звена:

$$\gamma_{\text{ТТ,П1}} = \frac{P_{\text{ТТ}} + P_{\text{ТП1}}}{g(M_{\text{Т}} + M_{\text{П1}})}, \quad (16)$$

где  $P_{\text{ТТ}}$ ,  $P_{\text{ТП1}}$ ,  $P_{\text{ТП2}}$  – максимальная суммарная тормозная сила соответственно тягача, первого и второго прицепных звеньев;

$M_{\text{Т}}$ ,  $M_{\text{П1}}$ ,  $M_{\text{П2}}$  – полная масса соответственно тягача, первого и второго прицепных звеньев, кг.

Значение *неодновременности срабатывания* тормозного привода звеньев автопоезда  $\Delta\tau$  определяется отдельно для каждой пары связанных между собой звеньев по формуле

$$\Delta\tau = \left| \tau_{\text{ср тп1}} - \tau_{\text{ср тп2}} \right|. \quad (17)$$

Рабочая тормозная система признается выдержавшей стендовые испытания, если:

1. Удельная тормозная сила и время срабатывания тормозной системы соответствуют нормам (табл. 5);
2. Асинхронность срабатывания тормозного привода звеньев автопоезда не превышает 0,3 с;
3. Коэффициенты совместимости звеньев автопоезда не менее 0.9.

*Запасная тормозная система.* ГОСТ 25478–91 не предусматривает испытания запасной тормозной системы автомобилей и не содержит норм ее эффективности.

*Стояночная тормозная система.* При дорожных испытаниях стояночной тормозной системы вначале производится затормаживание автомобиля на подъеме с заданным уклоном (не менее 16 %) с помощью рабочей тормозной системы, после чего включается стояночная и отключается рабочая. При этом к рычагу стояночной тормозной системы прикладывается нормативное усилие 589 Н (для АТС категорий М<sub>1</sub> нормативное усилие – 392 Н). Если АТС с полной загрузкой остается в неподвижности, то считается, что стояночная тормозная система выдержала испытания.

При стендовых испытаниях производится затормаживание автомобиля с заданным усилием на рычаге. Если удельная тормозная сила соответствует требованиям ( $\gamma > 0,16$ ), то считается, что стояночная тормозная система выдержала испытания.

*Вспомогательная тормозная система.* При дорожных испытаниях производится затормаживание АТС при скорости  $(30 \pm 5)$  км/ч и включенной передаче, обеспечивающей вращение коленчатого вала двигателя  $n_e < n_{e \max}$ . Если вспомогательная тормозная система при полной загрузке автомобиля обеспечивает установившееся замедление не менее  $0,5 \text{ м/с}^2$ , то считается, что она выдержала испытания.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить общие сведения.
2. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Общие сведения.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как оценивается эффективность рабочей тормозной системы при проведении промышленных испытаний?
2. В чем заключаются испытания запасной тормозной системы?

3. Какие параметры характеризуют эффективность рабочей тормозной системы при проведении дорожных испытаний?

4. Какие параметры характеризуют эффективность рабочей тормозной системы при проведении стендовых испытаний?

5. Отличаются ли нормы эффективности одиночного автомобиля и автопоезда при проведении стендовых испытаний?

6. Какие параметры характеризуют эффективность рабочей тормозной системы при проведении дорожных испытаний?

7. В чем заключаются испытания стояночной и вспомогательной тормозной системы при проведении промышленных испытаний?

8. В чем заключаются испытания стояночной и вспомогательной тормозной системы при проведении дорожных испытаний?



## Лабораторная работа № 5 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОФИЛЬНОЙ (ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ) ПРОХОДИМОСТИ АВТОМОБИЛЯ

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучить параметры профильной (геометрической) проходимости автомобиля.
2. Научиться определять параметры профильной (геометрической) проходимости автомобиля.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Проходимость – это эксплуатационное свойство, характеризующее способность автомобилей передвигаться по опорной поверхности, создающей большие сопротивления движению, обусловленные ее реологическими свойствами, сложным рельефом или наличием на ней локальных препятствий. Проходимость имеет большое значение для любого автомобиля, особенно работающего в сельском хозяйстве, лесной промышленности, на строительстве, в карьерах и по бездорожью. Проходимость в таких условиях эксплуатации определяет средние скорости движения и оказывает существенное влияние на производительность подвижного состава. Поэтому повышение проходимости подвижного состава по плохим дорогам и в условиях бездорожья имеет большое народно-хозяйственное значение.

Проходимость автомобиля – это комплексное свойство, которое складывается из четырех частных свойств: опорных, геометрических, тяговых и сцепных.

Профильная (геометрическая) проходимость характеризует проходимость автомобиля по неровностям дороги и его способность вписываться в дорожные габариты.

Основными параметрами профильной проходимости (рисунок 8) автомобиля являются дорожный просвет  $h_{\text{п}}$ , передний  $l_{\text{пс}}$  и задний свес автомобиля  $l_{\text{зс}}$ , углы переднего  $\beta_{\text{пс}}$  и заднего  $\beta_{\text{зс}}$  свеса, продольный  $\rho_{\text{пр}}$  и поперечный  $\rho_{\text{пп}}$  радиусы проходимости, углы продольной  $\lambda_{\text{пр}}$  и поперечной  $\lambda_{\text{пп}}$  гибкости автопоезда, угол перекоса мостов  $\gamma$ .

Дорожным просветом называется расстояние между низшей точкой автомобиля и дорогой. Он характеризует возможность

движения без задевания сосредоточенных препятствий (камни, пни, кочки и др.). Обычно дорожный просвет находится под картером главной передачи ведущего моста. Величина его зависит от типа подвижного состава и условий его эксплуатации. Так, для грузовых автомобилей ограниченной проходимости дорожный просвет составляет 245...290 мм, а для повышенной проходимости – 315...400 мм. Увеличение дорожного просвета приводит к повышению проходимости, что может быть достигнуто увеличением диаметра колес и уменьшением габаритных размеров главной передачи (например, разнесенная главная передача). Однако увеличение дорожного просвета приводит к повышению центра тяжести подвижного состава, в результате чего может ухудшиться его устойчивость.

Передний свес автомобиля представляет собой расстояние от крайней передней точки автомобиля до плоскости, перпендикулярной продольной оси и проходящей через переднюю ось. Передний свес характеризует возможность движения автомобиля без касания передней частью корпуса различных неровностей опорной поверхности при движении через овраги, канавы и т.п. Чем меньше передний свес автомобиля, тем большие неровности (при прочих равных условиях) может преодолевать автомобиль.

Задний свес автомобиля представляет собой аналогичный показатель, но относящийся к задней оси автомобиля.

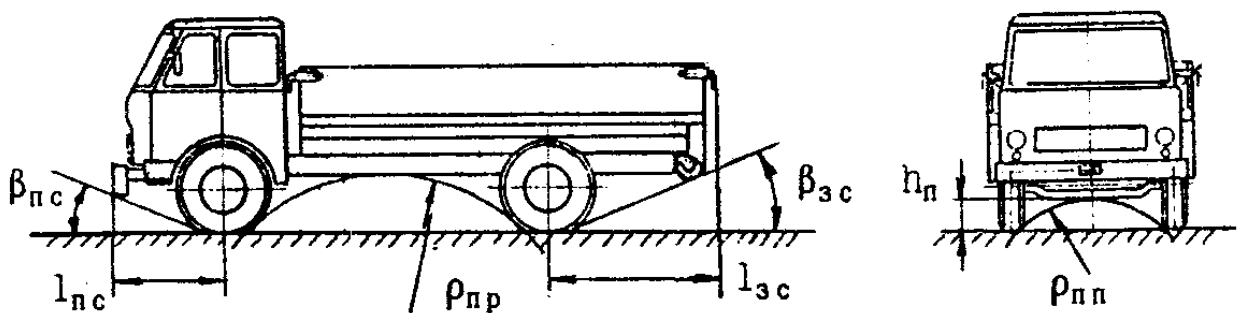


Рисунок 8 – Параметры профильной (геометрической) проходимости подвижного состава

Углами переднего и заднего свеса называются углы, образованные плоскостью дороги и плоскостями, касательными к передним и задним колесам и к выступающим нижним точкам передней и задней частей подвижного состава. Они характеризуют

проходимость по неровным дорогам во время въезда или съезда с препятствия (наезд на бугор, переезд через канаву, яму, кювет и т. д.). Чем больше величина углов свеса, тем большую крутизну дорожных неровностей может преодолевать подвижной состав. Для грузовых автомобилей ограниченной проходимости углы свеса составляют  $\beta_{\text{пс}} = 25...42^\circ$  и  $\beta_{\text{зс}} = 18...38^\circ$ , а для повышенной проходимости –  $\beta_{\text{пс}} = 35...55^\circ$  и  $\beta_{\text{зс}} = 32...42^\circ$ .

Продольным и поперечным радиусами проходимости называются радиусы окружностей, касательных к колесам и нижним точкам подвижного состава в продольной и поперечной плоскостях. Эти радиусы определяют контуры препятствий, преодолеваемых подвижным составом без их задевания. Чем меньше указанные радиусы, тем выше проходимость подвижного состава. Так, например, продольный радиус проходимости для обычных грузовых автомобилей составляет  $\rho_{\text{пр}} = 2,7...5,5$  м, а для автомобилей повышенной проходимости  $\rho_{\text{пр}} = 2...3,5$  м.

Угол продольной гибкости является специфическим геометрическим показателем, относящимся только к автопоездам. Под углом продольной гибкости прицепного автопоезда понимается максимальный угол вертикального отклонения дышла прицепа от продольной оси тягово-сцепного устройства автотягача (рисунок 9).

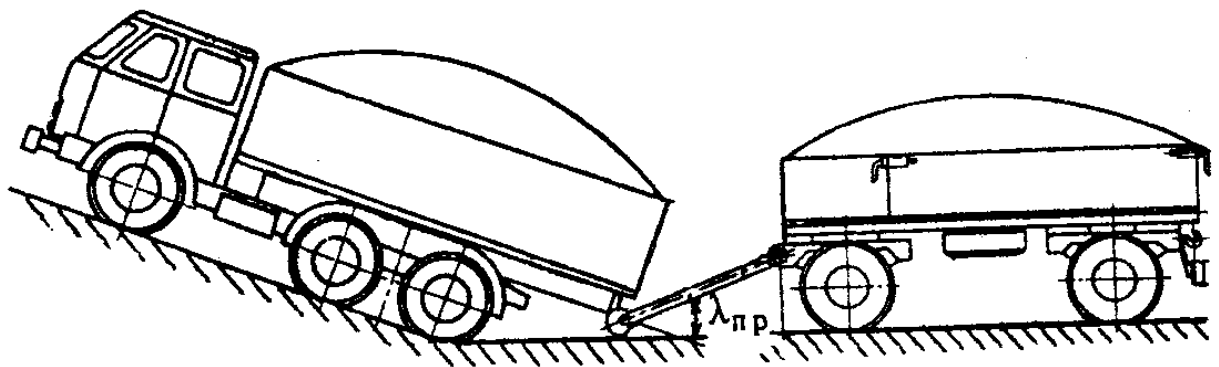


Рисунок 9 – Угол продольной гибкости прицепного автопоезда

Для седельного тягача под углом продольной гибкости понимается предельный угол вертикального отклонения оси полуприцепа от продольной оси автотягача (рисунок 10).

В соответствии с ГОСТ 2349–75, при снятых буферах автотягача угол продольной гибкости у автопоездов

общетранспортного назначения должен быть не менее  $\pm 40^\circ$  и не менее  $\pm 62^\circ$  для многоцелевых автомобилей.

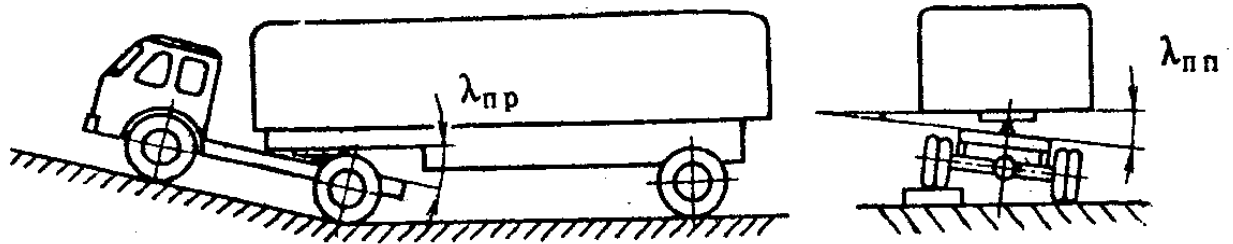


Рисунок 10 – Углы продольной и поперечной гибкости седельного автопоезда

Для седельных автопоездов, согласно ГОСТ 12105–74, угол продольной гибкости должен быть не менее  $\pm 8^\circ$ . При этом указанный угол должен обеспечивать также беспрепятственный поворот полуприцепа относительно тягача в горизонтальной плоскости на угол не менее  $\pm 25^\circ$ .

Угол поперечной гибкости автопоезда определяется как максимальный угол поперечного наклона полуприцепа относительно тягача, допускаемого конструкцией седельно-сцепного устройства (рисунок 10).

Угол перекоса мостов представляет собой угол, образованный осями переднего и заднего моста при их предельном перекосе (рисунок 11).

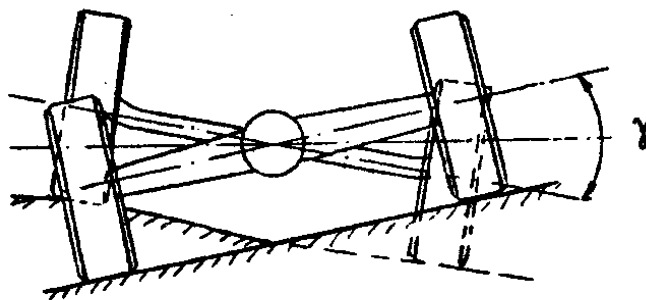


Рисунок 11 – Угол перекоса мостов

Угол перекоса мостов характеризует способность автомобиля двигаться по неровностям без потери контакта колес с опорной поверхностью. Это значительно снижает неравномерность распределения вертикальной нагрузки между колесами, способствует сохранению управляемости автомобиля и

предотвращает падение силы тяги, создаваемой ведущими колесами.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные теоретические положения.
2. Получить у преподавателя задание для выполнения работы.
3. Для заданной модели автомобиля определить дорожный просвет, передний и задний свесы автомобиля, углы переднего и заднего свеса, продольный и поперечный радиус проходимости. Для автопоезда дополнительно определить углы продольной и поперечной гибкости.
4. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Основные теоретические положения.
3. Схема автомобиля с обозначенными на ней габаритными размерами и параметрами профильной проходимости.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение проходимости автомобиля.
2. Дать определение профильной проходимости автомобиля.
3. Как влияет проходимость на среднюю скорость движения, производительность и топливную экономичность автомобиля?
4. Перечислите параметры профильной проходимости автомобиля.
5. Что характеризует величина дорожного просвета?
6. Что характеризуют величины переднего и заднего свеса?
7. Что характеризуют углы переднего и заднего свеса?
8. Что характеризуют величины продольного и поперечного радиуса проходимости?
9. Что характеризуют углы продольной и поперечной гибкости автопоезда?
10. Что характеризует угол перекоса мостов?
11. Какими способами и конструктивными мероприятиями можно повысить профильную проходимость автомобиля?

## Лабораторная работа № 6 УГЛЫ УСТАНОВКИ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучить геометрию управляемых колес автомобиля.
2. Ознакомиться с влиянием углов установки управляемых колес на эксплуатационные показатели автомобиля.

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Управляемые колеса автомобиля имеют *развал* и *схождение*. Кроме них предусматривают *углы поперечного* и *продольного (кастер) наклона шкворня*.

*Развал* – это отклонение центральной плоскости вращения колеса от вертикали. Величина развала характеризуется углом развала  $\alpha_p$  (рисунок 12). Если верхняя часть колеса наклонена наружу, то угол развала считается положительным, если в противоположную сторону – то отрицательным.

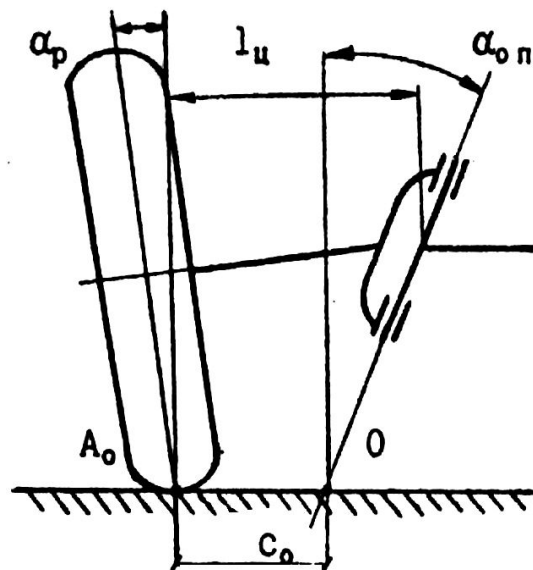


Рисунок 12 – Развал колес

*Схождение* – это отклонение центральных плоскостей вращения управляемых колес от продольной оси автомобиля (рисунок 13).

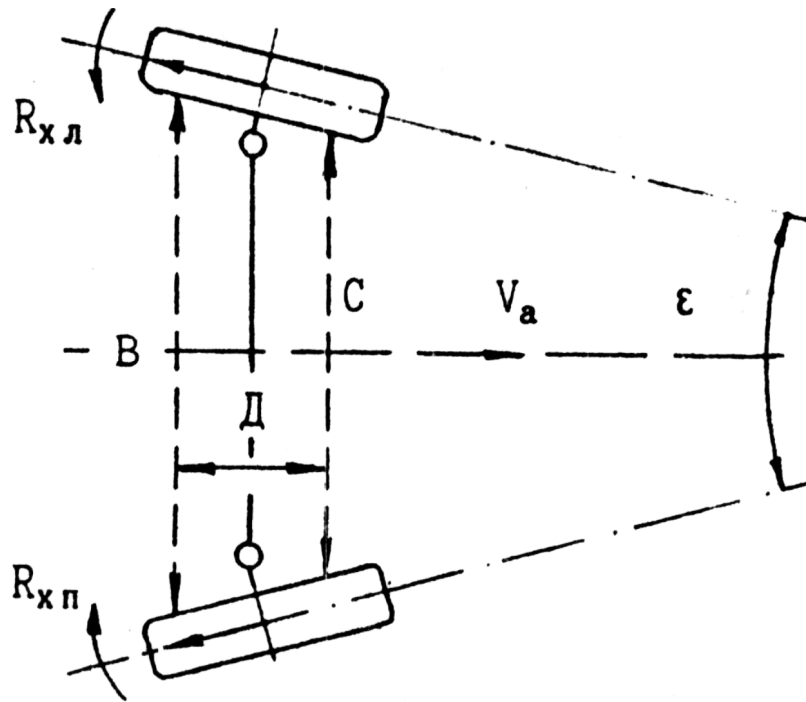


Рисунок 13 – Схождение колес

Величину схождения оценивают разницей расстояний В и С, т. е.:

$$\Delta L_C = B - C. \quad (18)$$

Расстояния В и С измеряются между точками, лежащими в одной горизонтальной плоскости на высоте центров колес и на заданном удалении от центров. Угол схождения колес ( $\varepsilon$ ) рассчитывается по формуле:

$$\varepsilon = \frac{B - C}{D}, \quad (19)$$

где D – расстояние между линиями замера (см. рисунок 13).

При отсутствии углов развала и схождения колесо при ходе сжатия – отбоя остается перпендикулярным к дороге, в постоянном и надежном контакте с ней. Но в этом случае довольно сложно конструктивно совместить центральную плоскость вращения колеса и ось его поворота, поскольку поворотный кулак в сборе с тормозным механизмом внутрь колеса не помещаются. Тогда плоскость и ось «расходятся» на расстояние  $s_0$ , называемое плечом обката (при повороте колесо обкатывается вокруг оси

поворота). В движении сила сопротивления качению неведущего колеса создает на этом плече момент, скачкообразно меняющийся при проезде неровностей. Кроме того, этот момент передается на рулевое колесо и водителю приходится прикладывать значительные усилия, преодолевая этот момент в повороте. Таким образом, плечо обката желательно уменьшить или вовсе свести к нулю. Для этого можно наклонить ось поворота (см. рисунок 13).

У автомобилей положительный развал управляемых колес предусматривают для того, чтобы компенсировать выбор зазоров в подшипниках ступицы, величина которых нарастает по мере их износа, а также упругие деформации. Угол развала на передних колесах легковых автомобилей выбирают таким образом, чтобы при нагрузке, равной 2–3 чел., был небольшой положительный развал  $\alpha_p = +5' \dots +10'$ . Меньшие значения приводят к повышенному износу внутренней части беговой дорожки шины, а большие – наружной (рисунок 14).

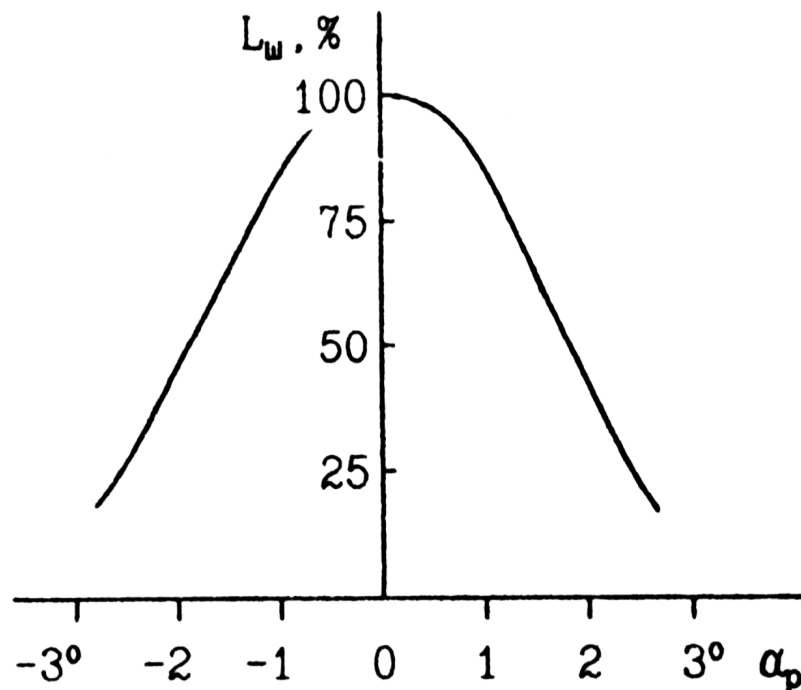


Рисунок 14 – Зависимость ресурса шин от угла развала колес

Качение колеса при наклоне центральной плоскости его вращения вызывает боковую деформацию шины в зоне ее контакта, т. к. у нормальной реакции возникает боковая составляющая (рисунок 15). Ее величина равна:



$$R_{zy} = R_z \cdot \operatorname{tg}\alpha_p \quad (20)$$

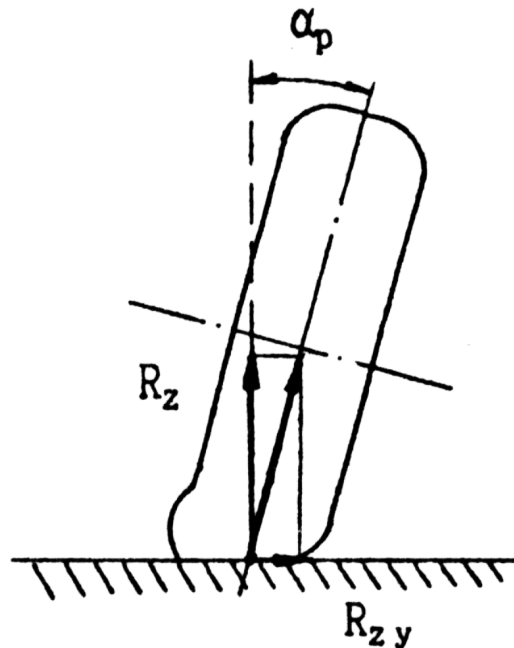


Рисунок 15 – Реакции опорной поверхности при развале

Покрышка в зоне контакта деформируется, при этом автомобиль движется как бы на двух конусах, стремящихся раскатиться в стороны. Чтобы компенсировать это, плоскости вращения колес надо свести. Процесс называется регулировкой схождения. Оба параметра жестко связаны, т. е., если угол развала нулевой, то не должно быть и схождения, если отрицательный – требуется расхождение.

Наклоненное колесо стремится катиться с уводом. Однако если наклон левого и правого колеса одинаков, то боковые силы компенсируются, и при нейтральном положении колес увода передней оси не возникает. Если же наклон колес не одинаков, то создаются условия для увода передней оси автомобиля в сторону того колеса, наклон которого больше. Поэтому разница углов развала левого и правого колес ограничивается: она не должна превышать 30'. Если разница углов превышает указанное значение, то возникает потребность в соответствующей регулировке. При этом угол развала управляемых колес проверяется при их нейтральном положении, т.к. при повороте колес, как в ту, так и другую сторону угол наклона возрастает. Кроме того, следует иметь в виду, что при независимой подвеске колес из-за

особенностей ее кинематики угол развала может изменяться в зависимости от степени деформации упругих элементов.

Углы наклона шкворня обеспечивают стабилизацию управляемых колес – т. е. заставляют автомобиль с отпущенным рулем ехать прямо. Угол поперечного наклона шкворня  $\alpha_{оп}$  отвечает за весовую стабилизацию. В момент отклонения колеса от положения, соответствующего прямолинейному движению передняя часть автомобиля начинает подниматься, и при отпуске руля под действием силы тяжести система стремится занять исходное положение, соответствующее движению по прямой. Но для этого приходится сохранять (хоть и небольшое) положительное плечо обката.

Продольный угол наклона оси поворота  $\beta_{оп}$  (кастер) – дает динамическую стабилизацию (рисунок 16). Принцип ее ясен из поведения рояльного колесика – в движении оно стремится оказаться позади ножки, т. е. занять наиболее устойчивое положение.

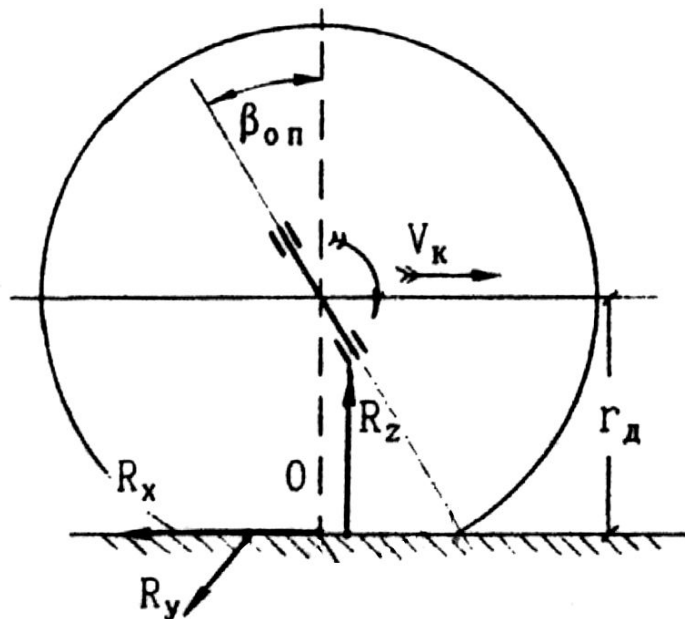


Рисунок 16 – Схема продольного наклона шкворня

Чтобы получить тот же эффект в автомобиле, точка пересечения оси поворота с поверхностью дороги должна быть впереди центра пятна контакта колеса с дорогой. Для этого ось поворота наклоняют вдоль. При этом при повороте боковые реакции дороги, приложенные позади (см. рисунок 16) стараются вернуть

колесо на место. Более того, если на машину действует боковая сила, не связанная с поворотом (например, при движении по косогору или при боковом ветре), то кастер обеспечивает при случайно отпущенном руле плавный поворот машины «под склон» или «под ветер» и не дает ей опрокинуться.

Наименьший износ шины происходит при параллельности центральных плоскостей вращения управляемых колес продольной оси автомобиля. Для того чтобы обеспечить указанное положение в движении, необходимо, чтобы в статическом положении было небольшое схождение колес. Это объясняется следующим. При движении на левом и на правом колесе образуются касательные реакции  $R_{хл}$  и  $R_{хп}$  (см. рисунок 13), которые создают моменты относительно осей вращения поворотных цапф. Указанные моменты, компенсируясь в целом, слегка разворачивают колеса, приводя их в нужное положение. При этом разворот колес объясняется главным образом наличием зазоров в сочленениях и их податливостью (особенно в опорах рычагов). Для легковых автомобилей классической компоновки достаточно схождения колес в 2–3 мм.

У переднеприводных автомобилей касательные реакции направлены в противоположную сторону, т. е. вперед, поэтому для них предпочтительно отрицательное схождение колес.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить общие сведения.
2. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Общие сведения.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дайте определение углам развала и схождения. Каково их влияние на движение автомобиля и взаимовлияние?
2. Каково назначение угла продольного наклона шкворня?
3. Каково назначение угла поперечного наклона шкворня?

4. В результате действия какого параметра установки управляемого колеса появляется боковая реакция при движении автомобиля по прямой?

5. Каковы должны быть параметры установки передних управляемых колес, чтобы обеспечить минимальный износ шин?

Лабораторная работа № 7  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
МАНЕВРЕННОСТИ АВТОМОБИЛЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучить показатели маневренности автомобиля.
2. Научиться определять показатели маневренности автомобиля.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Маневренность – это способность автомобиля передвигаться в условиях ограниченного по длине и ширине пространства.

Маневренность имеет особенно большое значение при движении автотранспортных средств в условиях старой городской застройки, т.е. на узких улицах, при частых и крутых поворотах дороги, при парковке, а также внутри тесных дворов, закрытых помещений (в гаражах, заводских цехах, складах и т. п.), на открытых стоянках автомобилей, в лесу.

К основным геометрическим показателям маневренности относятся: радиусы поворота по следу колес, ширина полосы движения по следу колес, радиусы поворота по габаритам, ширина полосы движения по габаритам, угол горизонтальной гибкости (для автопоездов).

Радиусы поворота по следу колес – это расстояния от центра поворота автомобиля, осуществляемого с минимальной скоростью при максимальном повороте управляемых колес, до траектории движения переднего наружного ( $R_{\text{нmin}}$ ) и заднего внутреннего колеса ( $R_{\text{вmin}}$ ) (рисунок 17).

По своему физическому смыслу данные показатели выражают минимальные радиусы кривых, по которым возможно движение переднего наружного и заднего внутреннего колеса при совершении автомобилем поворотов в предельно стесненных условиях маневрирования. Численные значения показателей  $R_{\text{нmin}}$  и  $R_{\text{вmin}}$  определяют на сухой, ровной, горизонтальной асфальтобетонной площадке путем замера расстояния от центра поворота до середины следов, оставляемых передним внешним и задним внутренним колесом в процессе поворота автомобиля со скоростью не более 5 км/ч.

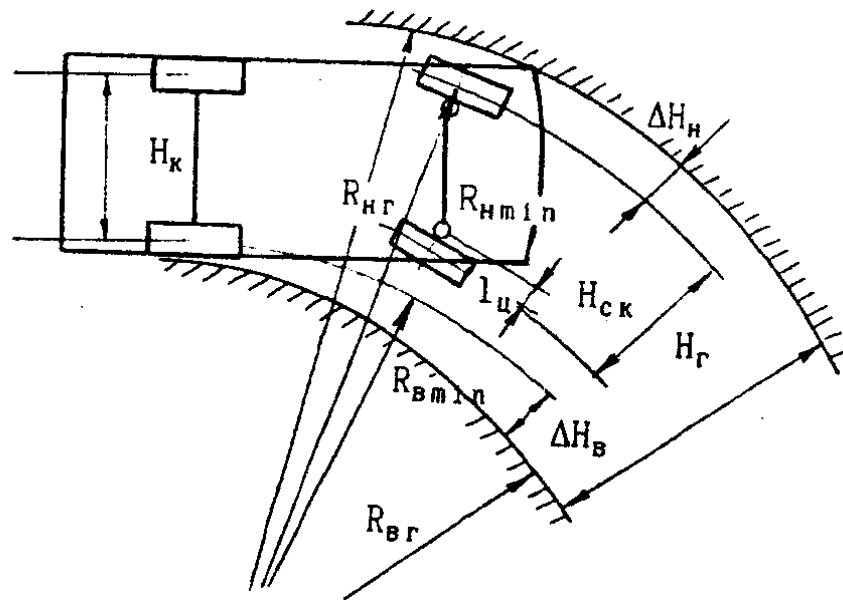


Рисунок 17 – Геометрические показатели маневренности автомобиля

Радиусы поворотов по следу колес можно найти и расчетным путем по формулам

$$R_{H \min} = \frac{L}{\sin \theta_{H \max}} + l_{\text{ц}}, \quad (21)$$

$$R_{B \min} = \frac{L}{\text{tg} \theta_{B \max}} - l_{\text{ц}}, \quad (22)$$

где  $L$  – база автомобиля, м;

$l_{\text{ц}}$  – расстояние от оси шкворня до центра следа колеса, м;

$\theta_{H \max}$ ,  $\theta_{B \max}$  – максимальный угол поворота наружного и внутреннего управляемых колес автомобиля, град.

Радиусы поворота тем меньше, чем больше углы поворота управляемых колес. Обычно максимальный угол поворота внутреннего колеса располагается в пределах  $33...43^\circ$ . При этом величина угла ограничивается поперечным размером колесной ниши. В частности, у легковых автомобилей ограничение ширины колесной ниши обусловлено необходимостью обеспечить достаточный объем пространства для размещения педалей и ног водителя и пассажира.

Учитывая, что показатели  $R_{\text{нmin}}$  и  $R_{\text{вmin}}$  связаны между собой, в технической литературе обычно приводится значение радиуса только переднего наружного колеса ( $R_{\text{нmin}}$ ), который выступает в качестве основного показателя.

Ширина полосы движения по следу колес ( $H_{\text{ск}}$ ) – это ширина полосы, в пределах которой размещаются колеса автотранспортного средства в процессе его криволинейного движения с минимальной скоростью и при максимальном повороте управляемых колес (см. рисунок 17).

Ширину указанной полосы движения можно определить экспериментальным путем посредством замера расстояния между следами соответствующих колес или по формуле

$$H_{\text{ск}} = R_{\text{нmin}} - R_{\text{вmin}}. \quad (23)$$

При уменьшении угла поворота управляемых колес радиусы поворота по следу колес возрастают, но ширина полосы движения при этом уменьшается, достигая минимума ( $H_{\text{ск}}^{\text{min}} = H_{\text{к}}$ ) при  $\theta_{\text{н}} = \theta_{\text{в}} = 0$ , т. е. при прямолинейном движении:

$$H_{\text{ск}} = H_{\text{к}} + L \cdot \frac{1 - \cos \theta_{\text{н}}}{\sin \theta_{\text{н}}}. \quad (24)$$

Таким образом, ширина полосы движения по следу колес выражает наибольшую ширину полосы движения, которая необходима колесам автомобиля для совершения поворотов при маневрировании.

Радиусы поворота по габаритам представляют собой расстояния от оси поворота до траекторий движения соответственно наиболее удаленной ( $R_{\text{нг}}$ ) и наиболее близкой ( $R_{\text{вг}}$ ) к оси поворота точки корпуса автомобиля при максимальном повороте управляемых колес и движении с минимальной скоростью.

При экспериментальном определении наружного ( $R_{\text{нг}}$ ) и внутреннего ( $R_{\text{вг}}$ ) габаритных радиусов поворота измеряют расстояния от центра поворота до траекторий, образуемых на полу каплями воды, которые оставляют капельницы, прикрепленные к наиболее выступающим элементам передней наружной и задней внутренней части корпуса автомобиля (см. рисунок 17). Значения

указанных показателей отличаются от соответствующих радиусов поворота по колее на величину свеса соответствующих частей корпуса автомобиля (см. рисунок 17):

$$R_{нг} = R_{нmin} + \Delta H_{н}, \quad (25)$$

$$R_{вг} = R_{вmin} - \Delta H_{в}, \quad (26)$$

где  $\Delta H_{н}$ ,  $\Delta H_{в}$  – величина свеса корпуса автомобиля за траекторию движения соответственно переднего наружного и заднего внутреннего колеса.

Численные значения показателей  $R_{нг}$  и  $R_{вг}$  определяют ширину полосы движения по габаритам.

Ширина полосы движения по габаритам ( $H_{г} = R_{нг} - R_{вг}$ ) – это ширина полосы движения, в пределах которой корпус автотранспортного средства совершает поворот при максимальном повороте управляемых колес и движении с минимальной скоростью.

Как видно из рисунка 17, ширина полосы движения по габаритам значительно больше габаритной ширины самого автомобиля. Указанное различие тем больше, чем больше габаритная ширина и длина автомобиля. При увеличении радиуса поворота ширина полосы, в пределах которой совершается поворот, постепенно уменьшается, достигая в пределе (т. е. при прямолинейном движении) габарита по ширине. У грузовых автомобилей внешний габаритный радиус поворота не должен быть больше 12,5 м, а внутренний – 5,3 м. Следовательно, максимальная ширина полосы движения на повороте не должна превышать  $12,5 - 5,3 = 7,2$  м. Согласно ГОСТ 27815–88, внешний габаритный радиус поворота автобуса не должен превышать 12 м, а габаритная полоса движения 6,7 м. При этом ни один элемент автобуса не должен выступать более чем на 0,8...1,2 м за боковую стенку в задней части.

Обеспечение высокой маневренности особенно актуально для автопоездов. Это связано не только с их большой габаритной длиной, но и с тем, что при повороте траектория движения прицепа (или полуприцепа) смещается к центру, что ведет к увеличению габаритной ширины полосы движения (рисунок 18).



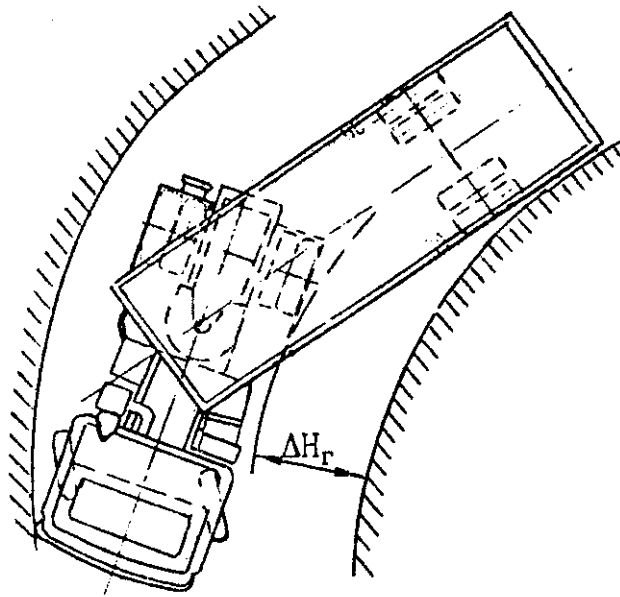


Рисунок 18 – Поворот седельного автопоезда

Особенно значительно смещение колеи у седельных автопоездов при использовании длиннобазных полуприцепов.

У прицепных автопоездов значительное увеличение габаритной ширины вызывает удлинение дышла и базы прицепа. Однако при одинаковой грузоподъемности такие автопоезда гораздо маневреннее, чем седельные.

При выполнении различных маневров, особенно при установке автопоезда под погрузку или выгрузку, либо на место хранения, большое значение имеет так называемый угол горизонтальной гибкости ( $\beta$ ). Применительно к прицепному автопоезду он определяет предельное отклонение оси дышла прицепа от продольной оси автотягача, а для седельного – предельное отклонение оси полуприцепа (рисунок 19). В соответствии с ГОСТ 2349–75 при снятых буферах и повороте прицепа вокруг продольной оси не более чем на  $15^\circ$  угол горизонтальной гибкости для прицепных автопоездов должен быть не менее  $55^\circ$ , а по международным требованиям – не менее  $75^\circ$ . Применительно к седельным автопоездам, согласно ГОСТ 12405–74, угол горизонтальной гибкости должен быть не менее  $90^\circ$  при поперечном наклоне полуприцепа относительно тягача на угол  $3^\circ$ . Кроме того, поворот полуприцепа в горизонтальной плоскости на угол до  $25^\circ$  должен быть возможен при его продольном наклоне на  $8^\circ$ , а поворот от  $25$  до  $90^\circ$  – при изменении продольного наклона в

пределах  $8...0^\circ$  в конце поворота, а при наличии третьей степени свободы – в пределах  $8...3^\circ$ .

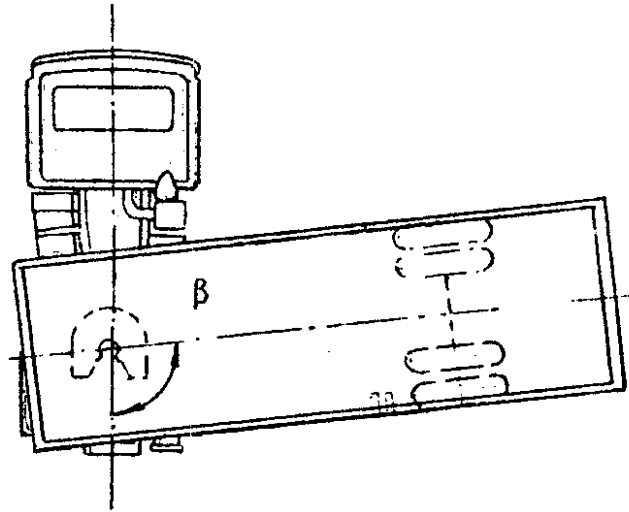


Рисунок 19 – Угол горизонтальной гибкости седельного автопоезда

Шарнирное соединение тягача с прицепом или полуприцепом, повышая маневренность, создает значительные трудности для движения автопоезда задним ходом, связанные с его склонностью к складыванию. Под складыванием автопоезда понимается нарастание угла  $\beta$ , который в данном случае называют углом складывания (см. рисунок 19).

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные теоретические положения.
2. Получить у преподавателя задание для выполнения работы.
3. Для заданной модели автомобиля определить радиусы поворота по следу колес, ширину полосы движения по следу колес, радиусы поворота по габаритам, ширину полосы движения по габаритам, угол горизонтальной гибкости (для автопоездов).
4. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Основные теоретические положения.
3. Схема автомобиля с обозначенными на ней габаритными размерами и геометрическими показателями маневренности.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Дать определение маневренности автомобиля.
2. Перечислите геометрические показатели маневренности автомобиля.
3. Что характеризуют радиусы поворота по следу колес?
4. Что характеризует ширина полосы движения по следу колес?
5. Что характеризуют радиусы поворота по габаритам?
6. Что характеризует ширина полосы движения по габаритам?
7. Что характеризует угол горизонтальной гибкости?
8. Какими способами и конструктивными мероприятиями можно повысить маневренность автомобиля?

Лабораторная работа № 8  
ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКИХ ЗНАЧЕНИЙ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ

ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

1. Изучить показатели устойчивости автомобиля.
2. Научиться определять критические значения показателей устойчивости автомобиля.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Устойчивостью автомобиля называют его свойство сохранять направление движения, противостоять опрокидыванию и скольжению. Устойчивость автомобиля – эксплуатационное свойство, от которого во многом зависит безопасность дорожного движения.

Признаком потери автомобилем устойчивости является его скольжение или опрокидывание. В зависимости от направления скольжения или опрокидывания автомобиля устойчивость может быть продольная и поперечная. Нарушение у подвижного состава поперечной устойчивости в эксплуатации наиболее вероятно и более опасно, чем нарушение продольной устойчивости.

1 ПОКАЗАТЕЛИ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ

Показателями поперечной устойчивости подвижного состава являются критическая скорость  $v_3$  по боковому скольжению (заносу), км/ч; критическая скорость  $v_0$  по опрокидыванию, км/ч; критический угол  $\beta_3$  поперечного уклона дороги (косогора) по боковому скольжению, град.; критический угол  $\beta_0$  поперечного уклона дороги (косогора) по опрокидыванию, град.; коэффициент поперечной устойчивости  $\eta_{п}$ .

**Критическая скорость по боковому скольжению (заносу).** При равномерном движении подвижного состава на повороте по горизонтальной дороге (рисунок 20) боковое скольжение его колес может возникнуть в результате действия поперечной силы  $P_y$  (центробежной, ветра, боковых ударов от неровностей дороги) в тот момент, когда поперечная сила становится равной силе сцепления колес с дорогой, т. е.:

$$P_y = P_{\text{сц}} = R_{yH} + R_{yB}, \quad (27)$$

где  $R_{yH}$  и  $R_{yB}$  — поперечные реакции дороги.

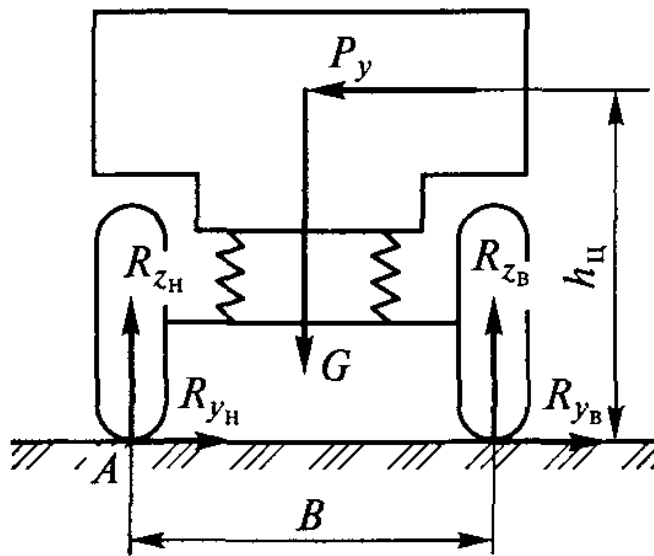


Рисунок 20 – Схема движения автомобиля при повороте на горизонтальной дороге

Подставим в это выражение значения центробежной силы и силы сцепления:

$$\frac{G \cdot \vartheta^2}{13 \cdot g \cdot R} = G \cdot \varphi_y, \quad (28)$$

где  $\varphi_y$  – коэффициент поперечного сцепления.

Учитывая, что в этом случае  $v = v_3$ , находим критическую скорость подвижного состава по боковому скольжению или заносу, км/ч:

$$\vartheta_3 = 3,6 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi_y}. \quad (29)$$

Критической скоростью по боковому скольжению называется; предельная скорость, после достижения которой возможен занос подвижного состава.

Таким образом, при прохождении поворота на критической скорости по боковому скольжению заноса у подвижного состава может и не возникнуть. Занос его в этом случае может произойти только при любом минимальном боковом возмущении (порыв

ветра, боковой удар колеса о дорожную неровность, поперечный уклон дороги), а также при увеличении скорости движения или уменьшения радиуса поворота, что приведет к увеличению поперечной силы  $P_y$ .

**Критическая скорость по опрокидыванию.** При повороте на горизонтальной дороге поперечная сила  $P_y$  (см. рисунок 20), действующая на автомобиль, может вызвать не только боковое скольжение, но и опрокидывание подвижного состава. Опрокидывание подвижного состава происходит относительно его наружных колес (точка А). В момент отрыва внутренних колес от дороги нормальные реакции  $R_{зв} = 0$ , и весь вес подвижного состава воспринимается наружными колесами ( $R_{zn} = G$ ). В этом случае опрокидывающий момент, создаваемый поперечной силой, уравновешивается восстанавливающим моментом от веса подвижного состава:

$$M_o = M_B. \quad (30)$$

Подставив значения моментов, получим:

$$P_y \cdot h_{ц} = G \cdot \frac{B}{2}. \quad (31)$$

Или, с учетом значения поперечной силы:

$$\frac{G \cdot \vartheta^2}{13 \cdot g \cdot R} = G \cdot \frac{B}{2}. \quad (32)$$

Учитывая, что в этом случае  $v = v_o$ , определим критическую скорость подвижного состава по опрокидыванию, км/ч:

$$\vartheta_o = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_{ц}}}. \quad (33)$$

Критической скоростью по опрокидыванию называется предельная скорость, после достижения которой возможно опрокидывание подвижного состава.

Следовательно, при движении подвижного состава на повороте с критической скоростью по опрокидыванию его опрокидывания может и не быть. Опрокидывание подвижного состава в этом случае произойдет только при минимальном боковом возмущении и при увеличении скорости или уменьшении радиуса поворота.

**Критический угол поперечного уклона дороги по боковому скольжению.** При прямолинейном движении подвижного состава по дороге с поперечным уклоном (по косоугору) потерю его поперечной устойчивости вызывает составляющая силы тяжести подвижного состава (рисунок 21), параллельная плоскости косоугора:

$$P_y = G \cdot \sin\beta, \quad (34)$$

где  $\beta$  – угол поперечного уклона дороги.

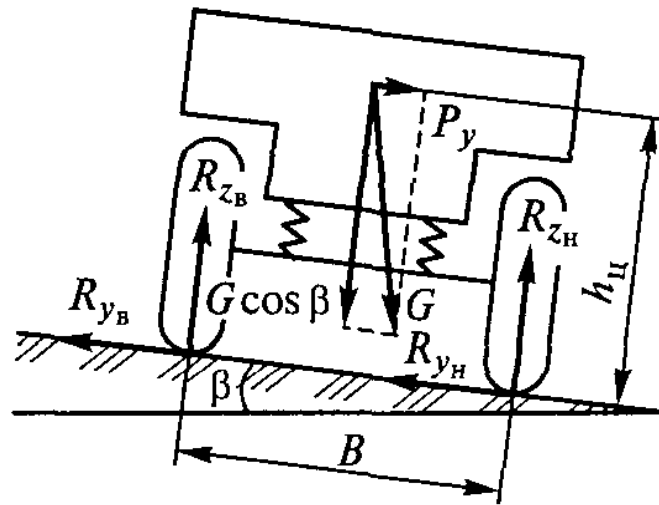


Рисунок 21 – Схема движения автомобиля при прямолинейном движении по косоугору

Боковое скольжение подвижного состава на косоугоре может начаться в момент, когда

$$P_y = P_{сц}. \quad (35)$$

Подставим значения сил и получим

$$G \sin\beta = G \cdot \cos\beta \cdot \varphi_y. \quad (36)$$

Учитывая, что в данном случае  $\beta = \beta_3$ , определим критический угол поперечного уклона дороги по боковому скольжению:

$$\operatorname{tg}\beta_3 = \varphi_y \quad (37)$$

или

$$\beta_3 = \operatorname{arctg}\varphi_y. \quad (38)$$

Критическим углом поперечного уклона дороги по боковому скольжению называется предельный угол, при котором еще возможно прямолинейное движение подвижного состава по косогору без бокового скольжения колес. Боковое скольжение подвижного состава в этих условиях начинается при действии любого минимального поперечного возмущения.

**Критический угол поперечного уклона дороги по опрокидыванию.** При прямолинейном движении по дороге с поперечным уклоном (см. рисунок 21) опрокидывание подвижного состава может начаться в том случае, когда опрокидывающий момент, создаваемый поперечной силой  $P_y$ , уравновешен восстанавливающим моментом от нормальной составляющей силы тяжести подвижного состава:

$$M_o = M_B. \quad (39)$$

Подставим значения моментов:

$$G \cdot \sin\beta \cdot h_{\text{ц}} = G \cdot \cos\beta \cdot \frac{B}{2}. \quad (40)$$

Учитывая, что в данном случае  $\beta = \beta_o$ , находим критический угол поперечного уклона дороги по опрокидыванию:

$$\operatorname{tg}\beta_o = \frac{B}{2 \cdot h_{\text{ц}}} \quad (41)$$

или



$$\beta_0 = \operatorname{arctg} \frac{B}{2 \cdot h_{\text{ц}}}. \quad (42)$$

Критическим углом поперечного уклона дороги по опрокидыванию называется предельный угол, при котором еще возможно прямолинейное движение подвижного состава по косоугору без опрокидывания.

Опрокидывание подвижного состава в этом случае может произойти только при любом минимальном боковом возмущении.

Величина критического угла поперечного уклона дороги по опрокидыванию зависит от типа автомобиля. Так, для легковых автомобилей этот угол составляет  $40...50^\circ$ , для грузовых автомобилей –  $30...40^\circ$ , для автобусов –  $25...35^\circ$ .

**Коэффициент поперечной устойчивости.** Коэффициентом поперечной устойчивости подвижного состава называется отношение колеи колес подвижного состава к его удвоенной высоте центра тяжести:

$$\eta_{\text{п}} = \frac{B}{2 \cdot h_{\text{ц}}}. \quad (43)$$

Коэффициент поперечной устойчивости позволяет определять, какой из двух видов потери поперечной устойчивости (занос или опрокидывание) более вероятен в эксплуатации.

Для примера рассмотрим случай движения автомобиля при повороте на горизонтальной дороге. С этой целью приравняем критические скорости по боковому скольжению и опрокидыванию:

$$v_3 = v_0. \quad (44)$$

Подставим значения этих скоростей:

$$3,6 \cdot \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi_y} = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot B}{2 \cdot h_{\text{ц}}}}. \quad (45)$$

откуда

$$\varphi_y = \frac{B}{2 \cdot h_{\text{ц}}} = \eta_{\text{п}}. \quad (46)$$

Из этого выражения следует, что если коэффициент поперечного сцепления колес с дорогой меньше коэффициента поперечной устойчивости ( $\varphi_y < \eta_{\text{п}}$ ), то при повороте более вероятен занос, чем опрокидывание. Если коэффициент поперечного сцепления колес с дорогой больше коэффициента поперечной устойчивости ( $\varphi_y > \eta_{\text{п}}$ ), то опрокидывание автомобиля может произойти без предварительного его заноса, что возможно на дорогах с большим коэффициентом сцепления.

Величина коэффициента поперечной устойчивости зависит от типа автомобиля. Так, этот коэффициент для грузовых автомобилей составляет 0,55...0,8, для автобусов – 0,5...0,6, легковых автомобилей – 0,9...1,2. Чем больше величина коэффициента поперечной устойчивости, тем более устойчив автомобиль против бокового опрокидывания.

## 2 ПОПЕРЕЧНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ НА ВИРАЖЕ

Ранее были рассмотрены случаи, когда нарушение поперечной устойчивости подвижного состава вызывали закругления или поперечный уклон дороги. Однако в эксплуатации часто встречаются одновременно поворот и поперечный уклон дороги, что создает большие предпосылки для нарушения поперечной устойчивости.

На рисунке 22 представлены два автомобиля. Автомобиль I движется на повороте по внутреннему краю дороги, а автомобиль II – по наружному.

Определим, какой из них более устойчив и безопасен на повороте. Для этого разложим боковую силу  $P_y$  и силу тяжести  $G$  на соответствующие составляющие, перпендикулярные ( $P'_y$  и  $G'$ ) и параллельные ( $P''_y$  и  $G''$ ) поверхности дороги.

У первого автомобиля поперечная устойчивость выше, чем у второго, так как у него силы  $P'_y$  и  $G'$  складываются и увеличивают сцепление колес с дорогой, а силы  $P''_y$  и  $G''$  частично уравновешивают друг друга, действуя в разные стороны.

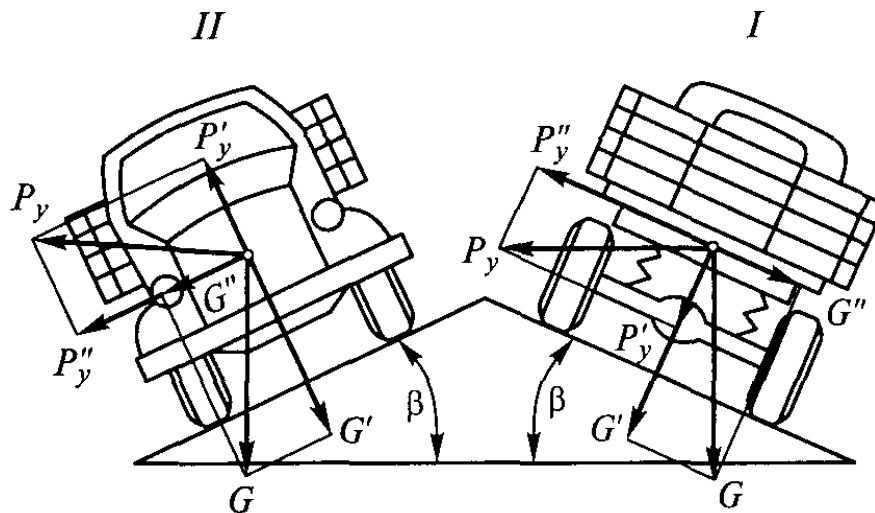


Рисунок 22 – Схема движения автомобиля при правом и левом поворотах

У второго автомобиля силы  $P'_y$  и  $G'$  действуют в разные стороны и уменьшают сцепление колес с дорогой, а силы  $P''_y$  и  $G''$  действуют в одном направлении, уменьшая поперечную устойчивость.

Таким образом, автомобиль I, движущийся по внутреннему краю дороги (по отношению к центру поворота), более устойчив и безопасен на повороте, чем автомобиль II.

В связи с этим для обеспечения необходимой безопасности движения на дорогах с малым радиусом поворота устраивают вираж – односкатный поперечный профиль, при котором поперечный уклон дороги направлен к центру поворота. В этом случае поперечная устойчивость подвижного состава существенно повышается (как у автомобиля I) независимо от направления его движения.

При движении на вираже (рисунок 23) боковое скольжение автомобиля может начаться при условии:

$$P_{\text{б}} = P_{\text{цп}}, \quad (47)$$

где  $P_{\text{б}}$  – боковая сила, действующая на вираже.

В развернутом виде это условие выглядит следующим образом:

$$P_y \cdot \cos\beta - G \cdot \sin\beta = (P_y \cdot \sin\beta + G \cdot \cos\beta) \cdot \varphi_y. \quad (48)$$

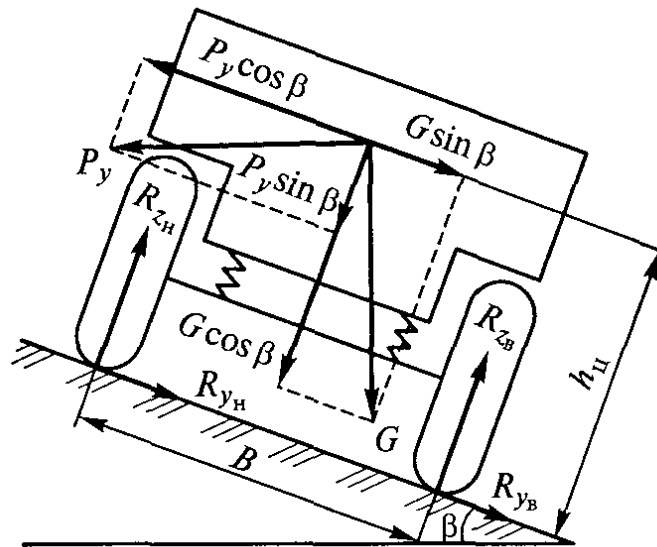


Рисунок 23 – Схема движения автомобиля на вираже

Подставим в указанное выражение значение поперечной составляющей  $P_y$  центробежной силы и, выполнив ряд преобразований, определим критическую скорость автомобиля по заносу на вираже, км/ч:

$$\vartheta_{зв} = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{(\varphi_y + \operatorname{tg}\beta) \cdot g \cdot R}{1 - \varphi_y \cdot \operatorname{tg}\beta}}. \quad (49)$$

Опрокидывание подвижного состава при движении на вираже возможно при условии равенства опрокидывающего и восстанавливающего моментов:

$$M_o = M_B \quad (50)$$

или

$$(P_y \cdot \cos\beta - G \cdot \sin\beta) \cdot h_{ц} = (P_y \cdot \sin\beta + G \cdot \cos\beta) \cdot B / 2. \quad (51)$$

Подставим значение силы  $P_y$  и, сделав соответствующие преобразования, найдем критическую скорость автомобиля по опрокидыванию, км/ч:

$$\vartheta_{\text{об}} = 3,6 \cdot \sqrt{\frac{(B + 2 \cdot h_{\text{ц}} \cdot \text{tg}\beta) \cdot g \cdot R}{2 \cdot h_{\text{ц}} - B \cdot \text{tg}\beta}}. \quad (52)$$

Приведенные ранее формулы показателей поперечной устойчивости автомобиля не учитывают эластичности его шин и подвески и, следовательно, поперечного крена кузова. В эксплуатации при действии боковой силы происходит поперечный крен кузова. Угол крена кузова не превышает  $8...10^\circ$ , но он существенно ухудшает поперечную устойчивость подвижного состава, создавая большие предпосылки для его опрокидывания. Так, например, значения критической скорости и критического угла поперечного уклона дороги по опрокидыванию с учетом бокового крена кузова на  $10...15\%$  меньше, чем без его учета.

### 3 ПРОДОЛЬНАЯ УСТОЙЧИВОСТЬ

При нарушении продольной устойчивости автомобиль может опрокинуться вокруг оси передних или задних колес, а также скользить в продольном направлении.

Опрокидывание вокруг осей колес возможно только у автомобилей с очень короткой базой и высоким расположением центра тяжести. Однако для большинства современных автомобилей, имеющих низкое расположение центра тяжести, опрокидывание в продольной плоскости маловероятно. Возможно лишь продольное скольжение, вызванное буксованием ведущих колес, что более вероятно для автопоездов.

В связи с этим показателем продольной устойчивости автомобилей является критический угол подъема по буксованию  $\alpha_6$ .

Определим критический угол подъема по буксованию для подвижного состава. С этой целью рассмотрим равномерное движение подвижного состава на максимальном подъеме (рисунок 24), так как разгон на нем невозможен. При преодолении максимального подъема скорость движения автомобиля небольшая, поэтому силой сопротивления воздуха  $R_v$  пренебрегаем. При этом сцепление ведущих колес с дорогой полностью используется касательной реакцией дороги ( $R_{x2} = P_{\text{сц}} = R_{z2} \cdot \varphi_x$ ), а касательной реакцией дороги  $R_{x1}$  на передних колесах пренебрегаем, так как она мала по сравнению с касательной реакцией  $R_{x2}$ .

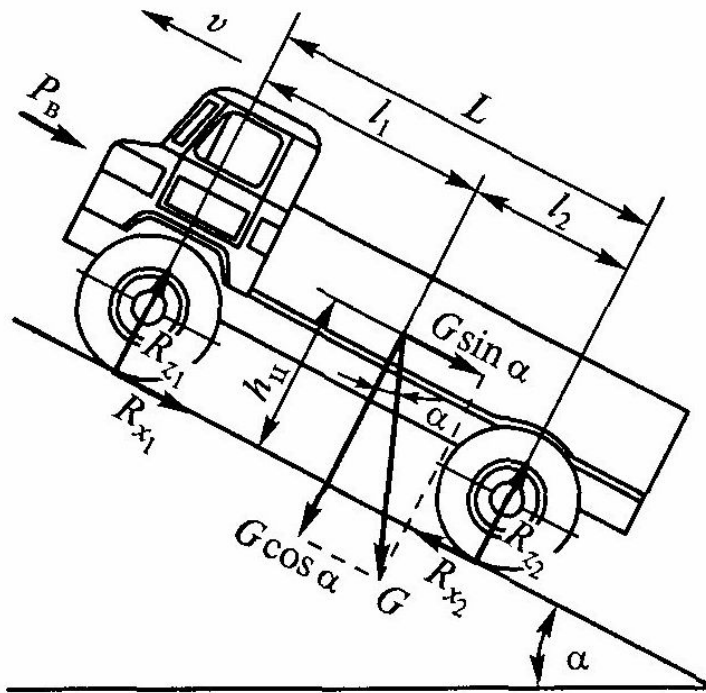


Рисунок 24 – Схема для определения максимального угла подъема

Из условий равновесия автомобиля имеем:

$$R_{z2} \cdot L = G \cdot h_{ц} \cdot \sin \alpha + G \cdot \cos \alpha \cdot l_1; \quad (53)$$

$$R_{x2} = G \cdot \sin \alpha. \quad (54)$$

Максимальная величина касательной реакции дороги на ведущих колесах подвижного состава ограничена сцеплением колес с дорогой, т. е.:

$$R_{x2} = R_{z2} \cdot \varphi_x. \quad (55)$$

Подставим в это выражение значения реакций дороги  $R_{x2}$  и  $R_{z2}$  и разделим обе части уравнения на  $\cos \alpha$ . Учитывая в данном случае, что  $\alpha = \alpha_6$ , определим критический угол подъема по буксованию:

$$\operatorname{tg} \alpha_6 = \frac{\varphi_x \cdot l_1}{L - h_{ц} \cdot \varphi_x}. \quad (56)$$

Критическим углом подъема по буксованию называется предельный угол, при котором еще возможно движение автомобиля на подъеме без буксования ведущих колес.

Критический угол подъема по буксованию во многом зависит от коэффициента сцепления  $\varphi_x$ . Так, например, при  $\varphi_x = 0,3$  (асфальт влажный и грязный или покрытый снегом) для автомобиля с колесной формулой  $4 \times 2$  угол  $\alpha_6 = 10...15^\circ$ , а для автопоездов  $\alpha_6 = 4...6^\circ$ .

Для автомобилей со всеми ведущими колесами критический угол подъема по буксованию

$$\operatorname{tg}\alpha_6 = \varphi_x. \quad (57)$$

Следовательно, такого типа автомобили могут преодолевать крутые подъемы без потери продольной устойчивости.

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Изучить основные теоретические положения.
2. Получить у преподавателя задание для выполнения работы.
3. Для заданной модели автомобиля построить зависимости критической скорости по боковому скольжению и критической скорости по опрокидыванию от радиуса поворота, зависимость критического угла поперечного уклона дороги по боковому скольжению от коэффициента сцепления, зависимость критического угла подъема по буксованию от коэффициента сцепления, определить критический угол поперечного уклона дороги по опрокидыванию, коэффициент поперечной устойчивости.
4. Составить отчет.

## СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

1. Цель работы.
2. Основные теоретические положения.
3. Графики зависимостей критических скоростей и углов устойчивости автомобиля.

## КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что является признаком нарушения устойчивости автомобиля?
2. Потеря какой устойчивости автомобиля в эксплуатации наиболее вероятна и опасна?
3. Какими показателями оценивается поперечная устойчивость автомобиля?
4. Что представляют собой критические скорости движения автомобиля по боковому скольжению и опрокидыванию?
5. Что представляют собой критические углы косогора по боковому скольжению и опрокидыванию?
6. Что определяет коэффициент поперечной устойчивости автомобиля?
7. Что такое вираж и для чего его делают на поворотах дорог?
8. Что может произойти с автомобилем при нарушении продольной устойчивости, и каким показателем она оценивается?



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, подведем некоторые итоги изучения дисциплины "Эксплуатационные свойства автомобилей".

Во первых, мы убеждаемся, что роль эксплуатационных качеств подвижного состава автомобильного транспорта чрезвычайно велика, так как они обеспечивают возможность реализации основной функции автомобиля – перемещать грузы и пассажиров.

Во вторых, проявляясь непосредственно в движении, т. е. в транспортном процессе, эксплуатационные качества активно влияют на основные показатели его эффективности: себестоимость перевозок, надежность функционирования, обеспечение экологической и дорожной безопасности.

В третьих, теория и практика эксплуатации подвижного состава автомобильного транспорта показывают, что не только конструкция АТС влияет на его эксплуатационные свойства, но и факторы внешней среды (дорожные и атмосферно-климатические условия), и режим управляющих воздействий водителя.

В четвертых, учитывая роль автомобильного транспорта в развитии экономики страны, обеспечении ее эффективности и безопасности, управление показателями эксплуатационных свойств растущего автомобильного парка должно основываться на знании, понимании и умении использовать базовые закономерности рабочих процессов, лежащие в основе этих свойств.

Эксплуатационные свойства подвижного состава автомобильного транспорта – это сфера, открытая для научного и практического совершенствования, поэтому важна инициативная и творческая деятельность всех научных и практических работников этой отрасли.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Богатырев А.В. и др. Автомобили [Текст]: Учебн. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А.В. Богатырев, Ю.К. Есеновский-Лашков, М.Л. Насоновский, В.А. Чернышев. Под ред. А.В. Богатырева. – М.: Колос, 2001. – 496 с.
2. Вахламов В.К. Автомобили: Основы конструкции [Текст]: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 528с.
3. Вахламов В.К. Техника автомобильного транспорта: Подвижной состав и эксплуатационные свойства [Текст]: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 528с.
4. Копотилов В.И. Автомобили: Теоретические основы [Текст]: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.И. Копотилов. – Тюмень: ТюмГНГУ, 1999. – 403с.
5. ГОСТ 22576-90 (СТ СЭВ 6893-89). Автотранспортные средства. Скоростные свойства. Методы испытаний
6. ГОСТ Р 54810 - 2011. Автомобильные транспортные средства. Топливная экономичность. Методы испытаний

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Классификация автотранспортных средств. (Выдержка из ГОСТ Р 52051-2003. Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения.)

**3 Категория М - механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и используемые для перевозки пассажиров**

3.1 Категория М<sub>1</sub>. Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров и имеющие, помимо места водителя, не более восьми мест для сидения.

3.2 Категория М<sub>2</sub>. Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие, помимо места водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса которых не превышает 5 т.

3.3 Категория М<sub>3</sub>. Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие, помимо места водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса которых превышает 5 т.

3.4 Транспортные средства категорий М<sub>2</sub> и М<sub>3</sub> относят:

- к одному или более из трех классов (I, II, III) по ГОСТ Р 41.36 и ГОСТ Р 41.107;

- к одному из двух классов (А, В) по ГОСТ Р 41.52.

3.4.1 Класс I. Транспортные средства, конструкцией которых предусмотрены зоны для стоящих пассажиров, обеспечивающие возможность пассажирообмена.

3.4.2 Класс II. Транспортные средства, сконструированные для перевозки главным образом сидящих пассажиров, в которых может предусматриваться перевозка стоящих пассажиров, находящихся в проходах и/или в зонах, не превосходящих по своей площади пространства, необходимого для размещения двух двойных сидений.

3.4.3 Класс III. Транспортные средства, сконструированные исключительно для перевозки сидящих пассажиров.

3.4.4 Класс А. Транспортные средства, конструкцией которых предусмотрена перевозка стоящих пассажиров. Транспортное средство этого класса имеет сиденья, но может также предусматривать перевозку стоящих пассажиров.

3.4.5 Класс В. Транспортные средства, не предназначенные для перевозки стоящих пассажиров. Транспортное средство этого класса не имеет оборудования, предназначенного для стоящих пассажиров.

***Примечания***

1 Сочлененный автобус представляет собой транспортное средство, состоящее из двух или более жестких секций, шарнирно соединенных между собой; пассажирские салоны всех секций соединены таким образом, что пассажиры могут свободно переходить из одной секции в другую; жесткие секции постоянно соединены между собой так, что их

можно разъединить только при помощи специальных средств, обычно имеющихся только на специализированном предприятии.

2 Сочлененные автобусы, состоящие из двух или более неразделяемых, но шарнирно сочлененных элементов, рассматриваются как одно транспортное средство.

3 В случае буксирующего транспортного средства, предназначенного для сочленения с полуприцепом (тягача для полуприцепа), в качестве массы, которую следует принимать в расчет при классификации этого транспортного средства, используют массу снаряженного транспортного средства (тягача) с учетом массы, соответствующей максимальной статической вертикальной нагрузке, передаваемой на тягач полуприцепом, а также, если это применимо, максимальной массы груза, размещенного на тягаче.

4 Под массой снаряженного транспортного средства в [разделах 3 и 4](#) подразумевают массу порожнего транспортного средства с кузовом и сцепным устройством в случае автобуса-тягача либо массу шасси с кабиной, если предприятие-изготовитель не устанавливает кузов, и/или сцепным устройством. Эта масса включает в себя также массы охлаждающей жидкости, масел, 90% топлива, 100% других жидкостей (за исключением сточных вод), инструментов, запасного колеса, водителя (75 кг) и (для городских и междугородних автобусов) члена экипажа (75 кг), если в транспортном средстве предусмотрено сиденье для него.

#### **4 Категория N - механические транспортные средства, имеющие не менее четырех колес и предназначенные для перевозки грузов**

4.1 Категория N<sub>1</sub>. Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу не более 3,5 т.

4.2 Категория N<sub>2</sub>. Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу свыше 3,5 т, но не более 12 т.

4.3 Категория N<sub>3</sub>. Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу более 12 т.

#### ***Примечания***

1 В случае буксирующего транспортного средства, предназначенного для сочленения с полуприцепом (тягача для полуприцепа), в качестве массы, которую следует принимать в расчет при классификации этого транспортного средства, используют массу снаряженного транспортного средства (тягача) с учетом массы, соответствующей максимальной статической вертикальной нагрузке, передаваемой на тягач полуприцепом, а также, если это применимо, максимальной массы груза, размещенного на тягаче.

2 Оборудование и установки, находящиеся на ряде специальных транспортных средств (автокранах, передвижных ремонтных мастерских, рекламных транспортных средствах и т.п.), приравнивают к грузам.