



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Филиал федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения высшего образования  
«Майкопский государственный технологический университет»  
в поселке Яблоновском

Кафедра транспортных процессов и техносферной безопасности

---

**Методические указания  
по написанию курсовой работы  
по дисциплине:  
БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

для направления подготовки  
**23.03.01 Технология транспортных процессов**  
(для всех форм обучения)



поселок Яблоновский, 2019

**УДК 656.05(07)**  
**ББК 39.808**  
**М-54**

Печатается по решению кафедры транспортных процессов и техносферной безопасности Филиала МГТУ в поселке Яблоновском  
(протокол № 1 от 02.09.2019 г.)

Составитель: Гучетль Зарема Чатибовна, доцент кафедры транспортных процессов и техносферной безопасности Филиала ФГБОУ ВО «Майкопский государственный технологический университет» в поселке Яблоновском

Методические указания по написанию курсовой работы по дисциплине «Безопасность транспортных процессов» для направления подготовки 23.03.01 Технология транспортных процессов. – пос. Яблоновский, 2019. – 15 с.

## **СОДЕРЖАНИЕ:**

|                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВВЕДЕНИЕ                                                                                | 3  |
| 1 КОМПОНОВочНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЯ И ИХ<br>ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ | 4  |
| 1.1 Расчет ширины динамического коридора                                                | 4  |
| 1.2 Расчет дистанции безопасности при движении автомобиля                               | 6  |
| 2 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ПУТИ ЗАВЕРШЕННОГО ОБГОНА                                        | 7  |
| 2.1 Расчет времени и пути обгона при постоянной скорости<br>автомобилей                 | 7  |
| 2.2 Определение времени и пути обгона с разгоном обгоняющего<br>автомобиля              | 9  |
| 3 ТОРМОЗНЫЕ СВОЙСТВА АТС                                                                | 10 |
| 3.1 Расчет показателей тормозных свойств автомобиля                                     | 10 |
| 4 ПРИЛОЖЕНИЯ                                                                            | 14 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ                                                         | 15 |

## ВВЕДЕНИЕ

Основными причинами роста числа дорожно-транспортных происшествий в нашей стране являются: рост автомобильного парка при неудовлетворительном состоянии имеющейся дорожной сети; отставание в строительстве современных автомагистралей и реконструкции эксплуатируемых; недостатки в организации дорожного движения; старение технических средств ОДД; недостаточный профессиональный уровень водителей; низкая дисциплина водителей и пешеходов; неудовлетворительное техническое состояние индивидуальных транспортных средств; неквалифицированное техническое обслуживание; несовершенство технического осмотра АТС и другие. Для повышения безопасности дорожного движения требуется решение многих проблем, в том числе подготовка квалифицированных инженеров по организации и безопасности дорожного движения. Это невозможно без приобретения студентами практических навыков по всем профилирующим дисциплинам, предусмотренным ФГОС и учебным планом по направлению подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

«Безопасность транспортных средств» является одной из профилирующих дисциплин для направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов». Она должна сформировать у студентов всестороннее представление о конструктивной безопасности АТС и влияние их эксплуатационных свойств на безопасность движения. В связи с этим в настоящих методических указаниях основное внимание уделено расчету характерных элементов конструктивной безопасности автотранспортных средств. Они составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Безопасность транспортных средств».

Курсовая работа выполняется во втором семестре в процессе изучения дисциплины БТС для выработки и отработки навыков проведения расчетов элементов конструктивной безопасности АТС.

Курсовая работа выполняется студентом индивидуально и оформляется в виде пояснительной записки с демонстрацией схем, проведенными расчетами и т.д. В пояснительной записке должны быть четко и аккуратно изложены: общие сведения из теории по теме занятий; исходные данные к расчету; расчетные формулы и схемы; последовательная расчетная схема; расчет без пропуска промежуточных вычислений и преобразований с соответствующими ссылками на справочные пособия, нормативные документы и другие первоисточники; выводы по работе и рекомендации на основе расчетов; список использованной литературы.

Схемы и эскизы выполняются карандашом. Таблицы нумеруются в порядке их расположения в записке.

При защите выполненной работы студент должен в полной мере обосновать выбор схем, показать знание основных обозначений и параметров

# 1. КОМПОНОВОЧНЫЕ ПАРАМЕТРЫ АВТОМОБИЛЯ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДОРОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ

## 1.1. Расчет ширины динамического коридора

Под динамическим коридором автотранспортного средства понимается ширина полосы дороги (проезжей части), необходимой для безопасного его движения с заданной скоростью.

На прямолинейном участке динамический коридор определяют по эмпирическим формулам следующего типа

$$B_k = \alpha V + B_a + 0,3, \quad (1)$$

где  $\alpha$  – коэффициент, зависящий от квалификации водителя и его психофизиологического состояния,  $\alpha \approx 0,015 - 0,054$ ;  $B_a$  – габаритная ширина автомобиля, м;  $V$  – скорость движения автомобиля, м/с.

Значения  $B_a$  выбирают по заданию, а скорость движения задается в интервале от 10 до 100 км/ч. Расчетные значения  $B_k$ , м, полученные по формуле (1), указываются в табл. 1, по ним строят график зависимости динамического коридора от скорости автомобиля –  $B_k = f(V)$ .

Таблица 1

Значения  $B_k$  в зависимости от  $V$

| $V$ , км/ч | 10 | 20 | 40 | 60 | 80 | 90 | 100 |
|------------|----|----|----|----|----|----|-----|
| $V$ , м/с  |    |    |    |    |    |    |     |
| $B_k$ , м  |    |    |    |    |    |    |     |

На криволинейном участке дороги ширину проезжей части (динамический коридор) можно вычислить на основе схемы, приведенной на рис. 1.

Из этой схемы очевидно, что

$$B_k^I = R_n - R_{ин}, \quad (2)$$

где  $R_n, R_{ин}$  – наружный и внутренний габаритные радиусы поворота автомобиля;  $B_k^I$  – габаритная ширина проезжей дороги в статике, т.е. без учета скорости и поправочного коэффициента (запаса), принимаемого в расчетах равным 0,3 м.

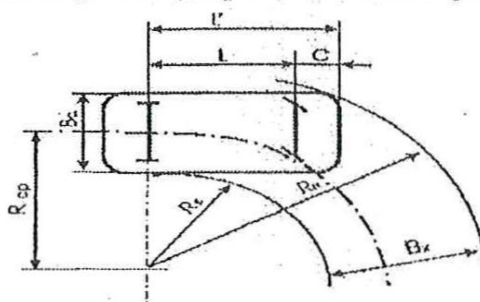


Рис. 1. Схема движения одиночного автомобиля на криволинейном участке

Как известно, средний радиус поворота (траектория движения точки пересечения оси заднего моста и продольной оси автомобиля) определяется по формуле

$$R_{cp} = \frac{L}{\operatorname{tg} \theta}, \quad (3)$$

где  $L$  – база автомобиля, м;  $\theta$  – угол поворота управляемых колес, град.

Задаваясь величиной угла  $\theta$ , по формуле (3) определяют  $R_{cp}$ , значения которого заносят в таблице 2.

Из рисунка 1 видно, что

$$R_{вн} = R_{cp} - \frac{B_a}{2}; R_{н} = \sqrt{(L + C_1)^2 + (R_{вн} + B_a)^2}, \quad (4)$$

где  $C_1$  – передний свес автомобиля.

Расчетные значения  $R_{вн}$ ,  $R_{н}$  и  $B_{кр}^I$ , вычисленные по формулам (2-4), заносят в таблицу 2, а величины  $B_a$  и  $C_1$  даны в задании, т.е. выбирают в зависимости от марки автомобиля.

Для расчета динамического коридора  $B_k$  на криволинейном участке, в зависимости от скорости и угла поворота управляемых колес, значения  $V$  задаются с учетом показателей устойчивости АТС, а предельное значение  $\theta$  задается по техническим характеристикам автомобиля. Все значения  $B_k$ , рассчитанные по формуле (1), подставляя в нее вместо  $B_a$  значения  $B_{кр}^I$ , заносятся в табл. 2 и строят графики зависимости динамического коридора от угла поворота управляемых колес при разных значениях скорости автомобиля, как показано на рисунке 2.

Таблица 2

Расчетные значения параметров для определения  $B_k$   
на криволинейном участке дороги

| $\theta^\circ$                | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 24 |
|-------------------------------|---|---|---|----|----|----|----|
| $R_{cp}$ , м                  |   |   |   |    |    |    |    |
| $R_{вн}$ , м                  |   |   |   |    |    |    |    |
| $R_{н}$ , м                   |   |   |   |    |    |    |    |
| $B_{кр}^I$                    |   |   |   |    |    |    |    |
| $B_{к.кр}$ , м ( $V=10$ км/ч) |   |   |   |    |    |    |    |
| $B_{к.кр}$ , м ( $V=20$ км/ч) |   |   |   |    |    |    |    |
| $B_{к.кр}$ , м ( $V=40$ км/ч) |   |   |   |    |    |    |    |

$B_{к.кр}$ , м

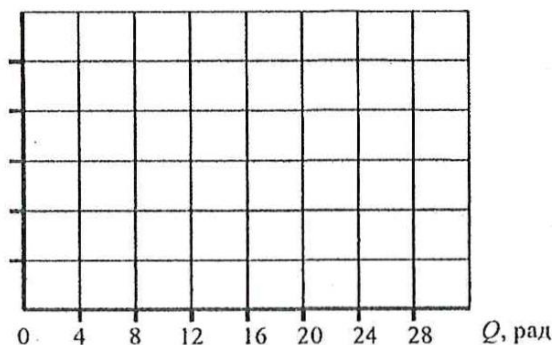


Рис. 2. График зависимости динамического коридора от угла поворота управляемых колес автомобиля

Безопасную дистанцию между автомобилями  $D$  определяют по различным эмпирическим формулам, т.к. на нее влияют очень много факторов: скорость и техническое состояние автомобиля; дорожные условия; среда; вид транспорта; квалификация, степень утомленности и культура вождения водителя и др.

## 1.2. Расчет дистанции безопасности при движении автомобиля

Динамический габарит автомобиля  $L_0$  включает его длину  $L_a$  и дистанцию безопасности между движущимися транспортными средствами, т.е.  $L_0 = L_a + D$ .

Допустим, что дистанция  $D$  должна быть равна полному остановочному пути  $S_0$  ведомого (впереди движущегося) автомобиля. Тогда

$$L_0 = L_a + (t_p + t_{cp} + 0,5t_n)V + \frac{V^2}{2j_3} + L_0, \quad (5)$$

где  $t_p$  – время реакции водителя;  $t_{cp}$  – время срабатывания тормозных механизмов;  $t_n$  – время наращивания тормозных сил до максимальных значений при экстренном торможении;  $j_3$  – установившееся замедление. По разным рекомендациям, зазор между медленно движущимися автомобилями  $L_0$  должен составить в пределах 2-4 м.

Способы расчета остановочного и тормозного пути АТС рассмотрены в разделе 3.1.

Для более точного расчета  $D_1$  в формулу (5) нужно ввести поправку на то, что при включении сигнала торможения ведомого автомобиля следующий за ним водитель тоже обязан замедлить скорость своего автомобиля. В случае экстренного торможения или при необходимости существенно снизить скорость движения дистанцию безопасности нужно определить по следующей формуле

$$D_1 = L_0 + tV + \left( \frac{1}{j_1} - \frac{1}{j_2} \right) \frac{V^2}{2}, \quad (6)$$

где  $j_1$  и  $j_2$  – замедление сзади движущегося и ведомого автомобилей;  $V$  – их средняя скорость.

При расчете дистанции безопасности по формулам (5) или (6) преподаватель должен дать задание каждому студенту, в котором необходимо указать марку автомобиля или автобуса, значения замедления при экстренном торможении (нужно выбрать по ГОСТ Р 51709-2001 «Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки»).

Расчетные значения  $D$  при разных скоростях автомобилей  $V$  нужно вписать в табл. 3 и построить график зависимости  $D$  от скорости автомобиля (рис. 3).

Таблица 3

Расчет дистанции безопасности

| $V_{cp}$ , км/ч          | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
|--------------------------|----|----|----|----|----|----|
| $V_{cp}$ , м/ч           |    |    |    |    |    |    |
| $J_1$ , м/с <sup>2</sup> |    |    |    |    |    |    |
| $J_2$ , м/с <sup>2</sup> |    |    |    |    |    |    |
| $D$ , м                  |    |    |    |    |    |    |

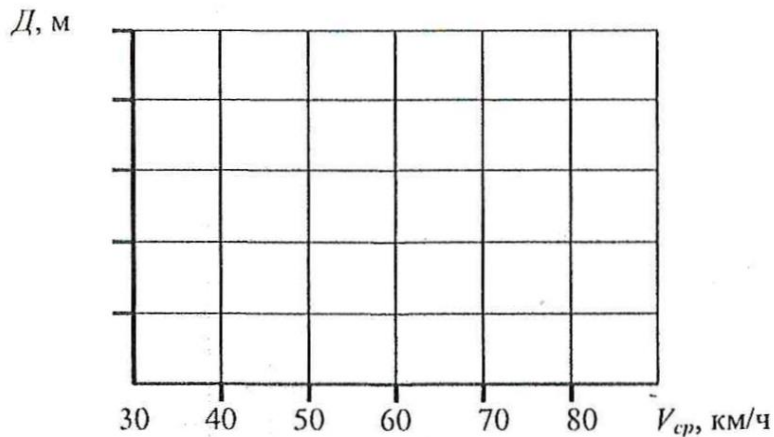


Рис. 3. График зависимости дистанции безопасности от скорости и установившегося замедления

## 2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВРЕМЕНИ И ПУТИ ЗАВЕРШЕННОГО ОБГОНА

### 2.1. Расчет времени и пути обгона при постоянной скорости автомобилей

Обгон представляет собой опасный и ответственный маневр автомобиля в транспортном потоке, так как связан или с выездом на встречную полосу, или с изменением положения в потоке транспортных средств. Обгон требует свободного пространства перед обгоняющим автомобилем и совершается, как правило, при относительно высокой скорости. Это обуславливает большой риск совершения ДТП при обгоне.

В зависимости от условий движения (плотности транспортных потоков, скорости и др.) обгон может совершаться либо с постоянной скоростью, либо с разгоном. Обгоны с постоянной скоростью возможны на дорогах с шириной проезжей части более 7-8 м и интенсивностью движения в обоих направлениях менее 40-60 авт./ч. Схема обгона транспортных средств на двухполосной дороге показана на рисунке 4.

Из рисунка 4 видно, что минимальное расстояние обгона, необходимое для его завершения при постоянных скоростях движения обгоняемого 2, обгоняющего 1 и встречного 3 автомобилей, можно определить как сумму

$$S_{об} = D_1 + L_2 + S_2 + D_2 + L_1, \quad (7)$$

где  $D_1$  и  $D_2$  – дистанции безопасности между автомобилями (соответственно индексу);  $L_1$  и  $L_2$  – их габаритная длина.

Поскольку

$$S_{об} = t_{об} V_1, \quad (8)$$

$$S_2 = t_{об} V_2, \quad (9)$$

то, решая совместно формулы (7 и 8), получаем

$$S_{об} = \frac{L_1 + L_2 + D_1 + D_2}{V_1 - V_2} V_1 = \frac{L_{D1} + L_{D2}}{V_1 - V_2} V_1, \quad (10)$$

$$t_{об} = \frac{S_{об}}{V_1} = \frac{L_1 + L_2 + D_1 + D_2}{V_1 - V_2}. \quad (11)$$

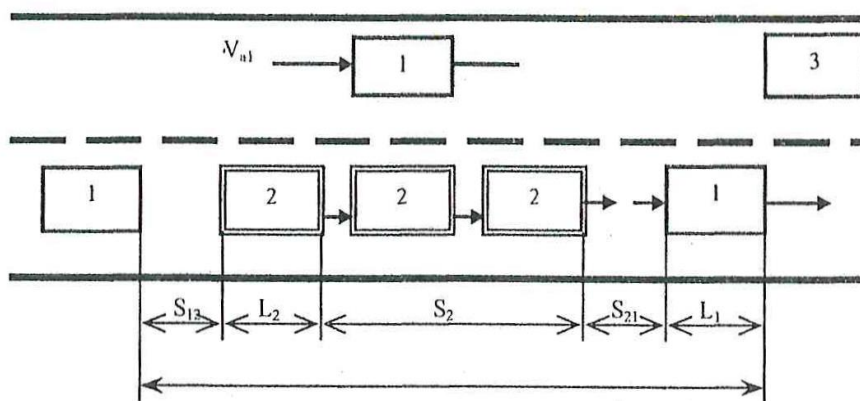


Рис. 4. Схема обгона с выездом на встречную полосу

Минимальное расстояние, которое должно быть свободным перед обгоняющим автомобилем в начале обгона (расстояние до встречного автомобиля), нужно определить с учетом  $S_{об}$ , определяемого по формулам (8-11) и скорости автомобиля 3, двигающегося на встречной полосе движения:

$$S_{св} = S_{об} + S_3 = S_{об} + V_3 t_{об} = \frac{L_1 + L_2 + D_1 + D_2}{V_1 - V_2} (V_1 + V_3). \quad (12)$$

Для расчетов лучше выбрать  $V_3$ , равной допустимой скорости движения на данном участке дороги согласно ПДД. Скорость обгоняющего автомобиля,  $V_1$  нужно задать по техническим характеристикам, т.е. примерно 0,8 – 0,9 от  $V_{max}$ .

По заданию преподавателя студенты определяют  $S_{об}$ ,  $t_{об}$  и  $S_{св}$  по формулам (8-12) для разных значений  $V_2$  и при постоянных  $V_1$ ,  $V_3$ ,  $L_1$ ,  $L_2$ . Расчетные данные вносят в таблицу 4 и строят графики зависимости  $S_{об}$  и  $t_{об}$  от скорости обгоняемого автомобиля  $V_2$ , которую можно задать в интервале 40-80 км/ч (рис. 5).

Таблица 4

Расчет времени и пути обгона при постоянной скорости обгоняющего автомобиля ( $V_1 = \text{const}$ )

| $V_2$ , км/ч | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 |
|--------------|----|----|----|----|----|
| $V_3$ , м/с  |    |    |    |    |    |
| $S_{об}$ , м |    |    |    |    |    |
| $t_{об}$ , с |    |    |    |    |    |

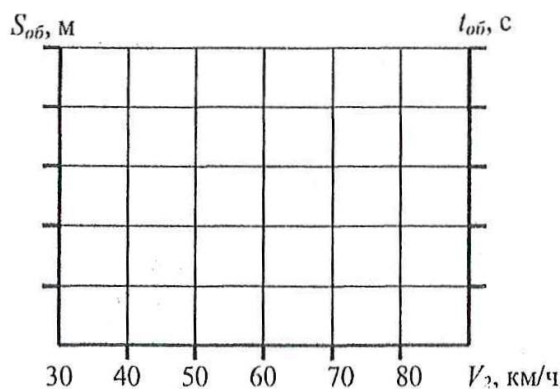


Рис. 5. Графики зависимости пути и времени обгона от скорости обгоняемого автомобиля

## 2.2. Определение времени и пути обгона с разгоном обгоняющего автомобиля

Если интенсивность движения в обоих направлениях на двухполосной дороге превышает 150-160 авт./час (фаза связанного или частично связанного движения), то автомобили движутся сплошным потоком, а скорости обгоняющего и обгоняемого автомобилей выравниваются. Только при появлении свободного пространства начинают обгон, сочетая его с разгоном. Разгон АТС при обгоне должен выполняться с максимальной интенсивностью и прекращается плавно после его завершения. Реализация такого режима возможна только в том случае, когда имеется необходимый интервал между обгоняемым АТС и автомобилем, двигающимся впереди него. В противном случае водитель обгоняемого АТС после завершения обгона обгоняющим автомобилем будет вынужден экстренно затормозить. Значения времени обгона  $t_{об}$ , пути обгона  $S_{об}$  и скорости обгоняющего АТС в момент завершения обгона  $V_{об}$  в зависимости от скорости обгоняемого автомобиля определяют предельные условия, при которых обгон может быть завершён. Для расчета времени и пути обгона с разгоном применяют графо-аналитические и аналитические методы с учетом того, что

$$j = \frac{dV}{dt} = \frac{\Delta V}{\Delta t}.$$

Для упрощения расчетов допускают, что обгоняющий автомобиль движется с постоянным ускорением. Ускорение при разгоне обычно принимают примерно 0,7-0,8 от  $j_{max}$ .

При равноускоренном движении обгоняющего автомобиля с начальной скоростью  $V_{01} = V_2$ :

$$S_{об} = S_1 = V_2 t_{об} + \frac{j t_{об}^2}{2}, \quad (13)$$

$$t_{об} = \sqrt{D_1 + D_2 + L_1 + L_2} \frac{2}{j}. \quad (14)$$

Из формул (13 и 14) следует, что чем выше приемистость автомобиля, тем меньше величины  $S_{об}$  и  $t_{об}$ . Поэтому время и путь обгона зависят от запаса тяговой силы  $\Delta P_m = P_m - (P_d + P_a)$ . Запас тяги зависит от технических характеристик и скорости движения АТС. Задавая различные значения  $j_{max}$  (при  $V_2 = \text{const}$ ), необходимо определить расчетным методом значения  $t_{об}$  и  $S_{об}$  по формулам (13 и 14), вписать в таблицу 5 и построить графики зависимости от  $j_{max}$  (рис. 6).

Таблица 5

Расчетные значения  $t_{об}$  и  $S_{об}$  в зависимости от ускорения

| $j_{max}, \text{ м/с}^2$  | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,2 | 1,6 | 2,0 |
|---------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| $j_{расч}, \text{ м/с}^2$ |     |     |     |     |     |     |
| $S_{об}, \text{ м}$       |     |     |     |     |     |     |
| $t_{об}, \text{ с}$       |     |     |     |     |     |     |

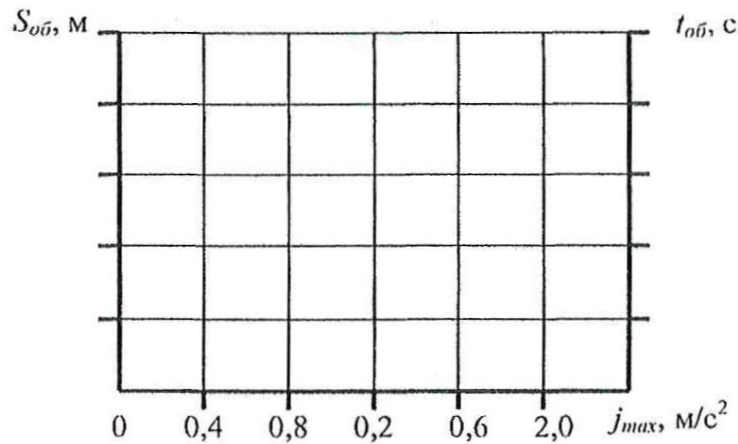


Рис. 6. Графики зависимостей времени и пути обгона от ускорения обгоняющего автомобиля (при  $V_2 = \text{const}$ )

### 3. ТОРМОЗНЫЕ СВОЙСТВА АТС

#### 3.1. Расчет показателей тормозных свойств автомобиля

Показателями тормозной динамичности АТС являются: замедление  $j_z$ , время  $t_m$  и путь  $S_m$  торможения при заданной скорости; тормозная сила, ее интенсивность нарастания и распределения по колесам и осям автомобиля.

Из уравнения движения автомобиля при торможении замедление можно определить расчетным методом по следующей формуле

$$j_z = \frac{P_{\text{тор}} + P_d + P_a + P_{\text{тр}}}{\delta_{\text{вр}} G_a} g, \quad (15)$$

где  $P_{\text{тор}}$  – суммарная тормозная сила на колесах, равная силе сцепления шин с дорогой;  $P_d$  и  $P_a$  – сила сопротивления дороги и воздуха соответственно;  $P_{\text{тр}}$  – сила трения двигателя и трансмиссии;  $\delta_{\text{вр}}$  – коэффициент учета вращающихся масс при торможении ( $\delta_{\text{вр}} \sim 1,04 - 1,08$ );  $G_a$  – вес автомобиля (Н);  $g$  – ускорение свободного падения,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

При экстренном торможении, когда тормозные силы на всех колесах достигли значения сил сцепления, а также пренебрегая силами  $P_a$ ,  $P_d$  и  $P_{\text{тр}}$  из уравнения (15), имеем

$$j_z = \frac{g(\varphi_x + \psi)}{\delta_{\text{вр}}}, \quad (16)$$

где  $\varphi_x$  – коэффициент сцепления шины с дорогой (нужно задать согласно дорожным условиям, приложение А);  $\psi$  – коэффициент, учитывающий сопротивление дороги,  $\psi = f \pm i$ ;  $f$  – сопротивление качению;  $i$  – уклон дороги ( $i = t_g \alpha_d$ ).

Если учитывать сопротивление воздуха, то

$$j_z = \frac{g}{\delta_{\text{вр}}} \left( \varphi_x + \psi + \frac{\kappa F V^2}{G_a} \right), \quad (17)$$

где  $\kappa$  – коэффициент обтекаемости,  $\text{Нс/м}^2$ ;  $F$  – лобовая площадь автомобиля,  $\text{м}^2$ ;  $V$  – его скорость,  $\text{м/с}$  (снижается от  $V_0$  до нуля).

Коэффициент сцепления шин с дорогой  $\varphi_x$  при торможении зависит от многих факторов. Предельные значения коэффициента  $\varphi_x$  для неизно-

шенных шин можно выбрать по таблице приложения А или задается преподавателем.

Величина тормозных сил зависит от конструкции тормозной системы, ее технического состояния, распределения нагрузки на осях автомобиля и от управляющего воздействия водителя. При торможении на горизонтальной дороге нормальные реакции могут быть найдены по следующим формулам

$$\begin{aligned} R_{z1} &= \frac{G_a(b + h_g j_z / g)}{L}, \\ R_{z2} &= \frac{G_a(a - h_g j_z / g)}{L} \end{aligned} \quad (18)$$

где  $a, b, L$  – компоновочные параметры;  $h_g$  – высота центра тяжести АТС.

Поскольку силы сцепления колес с дорогой при торможении переднего и заднего мостов равны

$$\begin{aligned} P_{cy1} &= R_{z1} \varphi_x = R_{x1} \\ P_{cy2} &= R_{z2} \varphi_x = R_{x2} \end{aligned} \quad (19)$$

то тормозные реакции колес изменяются в зависимости от интенсивности торможения и нагрузки на колесах. В расчетах часто допускают, что тормозные реакции всех колес практически не отличаются и достигают максимальных значений. Тогда время от начала воздействия водителя на педаль тормоза до остановки автомобиля, т.е. время торможения

$$t_{\text{тор}} = t_c + t_n + t_{\text{уем}}, \quad (20)$$

а время от начала возникновения опасной ситуации до остановки АТС (время остановки)

$$t_{\text{ост}} = t_p + t_c + t_n + t_{\text{уем}}, \quad (21)$$

где  $t_p$  – время реакции водителя ( $t_p \approx 0,8$  с);  $t_c$  – время срабатывания (запаздывания) тормозной системы, для одиночного автомобиля с гидравлическим приводом тормозов  $t_c = 0,2-0,5$  с, а с пневматическим приводом –  $0,3-0,6$  с;  $t_n$  – время нарастания замедления;  $t_{\text{уем}}$  – продолжительность снижения скорости до остановки при установившемся замедлении (интервал времени, в котором замедление постоянно). В расчетах можно принять следующие значения  $t_n$ , с:  $0,05-0,2$  – для легковых автомобилей;  $0,05-0,4$  – для грузовых автомобилей с гидроприводом;  $0,15-1,5$  – для грузовых автомобилей с пневмоприводом;  $0,2-1,5$  с – для автобусов.

Тормозной путь (расстояние, пройденное автомобилем от момента нажатия на тормозную педаль до полной остановки автомобиля) можно определить по следующей формуле

$$S_m = S_c + S_n + S_{\text{уем}} = (t_p + 0,5t_n)V_0 + \frac{V_0^2}{2j_{\text{уем}}}, \quad (22)$$

а остановочный путь

$$S_a = S_p + S_c + S_n + S_{\text{уем}} = (t_p + t_c + 0,5t_n)V_0 + \frac{V_0^2}{2j_{\text{уем}}}, \quad (23)$$

где  $S_p, S_c, S_n, S_{\text{уем}}$  – расстояния, пройденные АТС с начальной скоростью  $V_0$  за время  $t_p, t_c, t_n$  и  $t_{\text{уем}}$  соответственно.

При полном использовании сцепления с дорогой всеми колесами автомобиля замедление можно определить по формуле (16).

У многих автомобилей достичь одновременно блокировки всех колес практически не возможно по различным причинам. Поэтому для приближенных расчетов используют поправочный коэффициент эффективности торможения  $K_z$ . В случае, когда коэффициент сцепления шин с дорогой  $\varphi_x = 0,7$  для легковых автомобилей можно принять  $K_z \approx 1,15$ , для грузовых автомобилей полной массой (весом) менее 10 т  $K_z = 1,3-1,5$  для автобусов и грузовых автомобилей с полной массой  $G_{полн} > 10$  т  $K_z \approx 1,6-1,7$ . При малом коэффициенте сцепления шин с дорогой ( $\varphi_x < 0,4$ ) для автомобилей всех типов следует принимать  $K_z = 1$ .

На основе формул (18-23) и с учетом коэффициента эффективности тормозных механизмов значения максимально возможного установившего замедления, время и путь остановки автомобиля в случае приближенных расчетов можно определять по следующим формулам

$$j_{уст} = \frac{g(\varphi_x \pm \psi)}{K_z}, \quad (24)$$

$$t_0 = t_p + t_c + 0,5t_n + \frac{K_z V_0}{g(\varphi_x + \psi)}, \quad (25)$$

$$S_0 = (t_p + t_c + 0,5t_n)V_0 + \frac{K_z V_0^2}{2g(\varphi_x + \psi)}. \quad (26)$$

Здесь сопротивление дороги

$$\psi = (f \cos \alpha_d + \sin \alpha_d),$$

где  $\alpha_d$  – угол продольного уклона дороги. Значения  $f$  можно выбрать из таблицы (приложение Б) или задается преподавателем.

Принято также характеризовать рабочую тормозную систему коэффициентом распределения тормозной силы  $\beta_{oT}$  по осям и по колесам на одной оси  $\beta_{кT}$ :

$$\beta_{oT} = \frac{P_{T1}}{P_{T1} + P_{T2}}, \quad (27)$$

$$\beta_{кT} = \frac{P_{Tnp} - P_{Tл}}{P_{Tnp} + P_{Tл}}$$

где  $P_{T1}$  и  $P_{T2}$  – тормозные силы на колесах передней  $P_{T1}$  и задней  $P_{T2}$  осей;  $P_{Tnp}$  и  $P_{Tл}$  – тормозные силы на правом и левом колесах. Значения коэффициентов  $\beta_{oT}$  и  $\beta_{кT}$  вычисляют по формулам (27) на основе стендовых испытаний тормозных систем автомобилей.

При выполнении данной работы студенты вычисляют основные параметры ( $j_{уст}$ ,  $t_0$  и  $S_0$ ) в зависимости от начальной скорости автомобиля в процессе экстренного торможения до полной остановки. Преподаватель выдает задание каждому студенту, включающее тип (класс) автомобиля или автобуса, дорожные условия или значения  $\varphi_x$ ,  $\alpha_d$ ,  $f$ , предельные значения скорости.

Исходные данные и расчетные значения, вычисленные по формулам (24-26), нужно указать в табл. 6 и 7 и на их основе необходимо строить соответствующие графики (рис. 7, 8). Расчеты следует провести, задавая конкретные значения коэффициента сцепления шин с дорогой ( $\varphi = \text{const}$ ), сопротивления дороги (с указанием категории, типа дорожной одежды, ее

состояния, дорожно-климатических условий, скорости автомобиля в момент появления опасности и т.д.).

Таблица 6

Расчетные значения показателей тормозных свойств в зависимости от скорости автомобиля

| $V_0, \text{м/с}$ | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 |
|-------------------|---|----|----|----|----|----|
| $j, \text{м/с}^2$ |   |    |    |    |    |    |
| $t_0, \text{с}$   |   |    |    |    |    |    |
| $S_0, \text{м}$   |   |    |    |    |    |    |

Таблица 7

Расчетные значения показателей тормозных свойств в зависимости от коэффициента сцепления шин с дорогой

| $\varphi_x + \psi$ | $0,8 + \psi$ | $0,7 + \psi$ | $0,6 + \psi$ | $0,5 + \psi$ | $0,4 + \psi$ | $0,3 + \psi$ |
|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| $j, \text{м/с}^2$  |              |              |              |              |              |              |
| $t_0, \text{с}$    |              |              |              |              |              |              |
| $S_0, \text{м}$    |              |              |              |              |              |              |

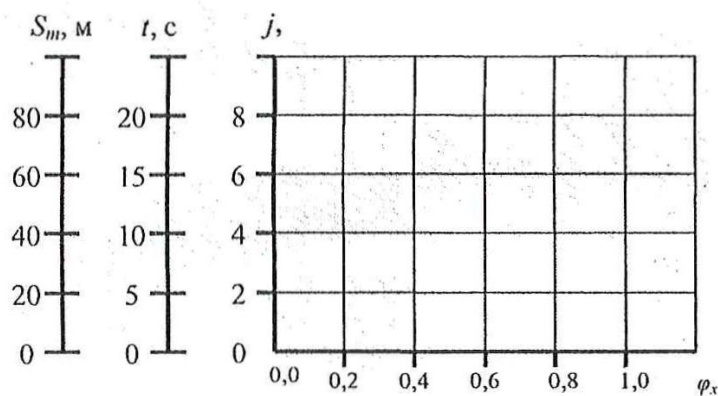


Рис. 7. График зависимости показателей тормозных свойств автомобиля от коэффициента сцепления шин с дорогой при постоянной скорости

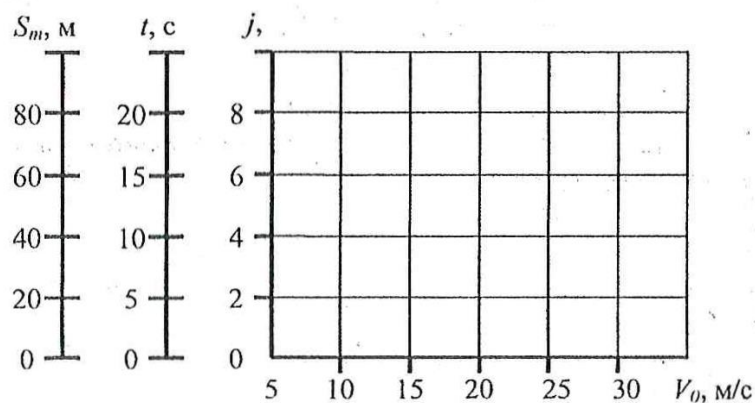


Рис. 8. Графики зависимости установившегося замедления, тормозного пути и времени торможения от начальной скорости автомобиля при постоянной  $\varphi_x$

## П Р И Л О Ж Е Н И Я

### Приложение А

Значения коэффициента сцепления  $\varphi_x$

| Тип покрытия                                  | Состояние покрытия      | $\varphi_x$ |
|-----------------------------------------------|-------------------------|-------------|
| Асфальтобетон,<br>цементобетон                | Сухое эксплуатируемое,  | 0,70–0,80   |
|                                               | сухое свежесуложенное,  | 0,60–0,70   |
|                                               | влажное чистое,         | 0,35–0,70   |
|                                               | влажное грязное         | 0,25–0,55   |
| Гравийное, щебеночное,<br>щебеночно-гравийное | Сухое,                  | 0,65–0,75   |
|                                               | мокрое                  | 0,35–0,50   |
| Грунтовое                                     | Сухое утрамбованное,    | 0,65–0,75   |
|                                               | мокрое утрамбованное,   | 0,35–0,45   |
|                                               | сухое взрыхленное,      | 0,35–0,7    |
|                                               | мокрое взрыхленное      | 0,3–0,4     |
| Травянисто-грунтовое                          | Сухое,                  | 0,5–0,7     |
|                                               | мокрое                  | 0,3–0,4     |
| Любое                                         | Покрытое рыхлым снегом, | 0,2–0,25    |
|                                               | утоптанное снегом,      | 0,2–0,3     |
|                                               | ледяной коркой,         | 0,15–0,2    |
|                                               | обледенелое             | 0,1–0,15    |

### Приложение Б

Коэффициент сопротивления качению

| Дорожное покрытие                                                     | Коэффициент |
|-----------------------------------------------------------------------|-------------|
| Цемент и асфальтобетон в хорошем состоянии                            | 0,014–0,018 |
| Цемент и асфальтобетон в удовлетворительном состоянии                 | 0,018–0,022 |
| Щебенка, гравий с обработкой вяжущими материалами в хорошем состоянии | 0,020–0,025 |
| Щебенка, гравий без обработки, с небольшими выбоинами                 | 0,030–0,040 |
| Брусчатка                                                             | 0,020–0,025 |
| Булыжники                                                             | 0,035–0,045 |
| Грунт плотный, ровный, сухой                                          | 0,030–0,060 |
| Грунт неровный и грязный                                              | 0,050–0,100 |
| Песок влажный                                                         | 0,080–0,100 |
| Песок сухой                                                           | 0,150–0,300 |
| Лед                                                                   | 0,018–0,020 |
| Снежная дорога                                                        | 0,025–0,030 |

Источник: данные ВНИИСЭ 1993 г.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Афанасьев, Л.Л. Конструктивная безопасность автомобиля / Л.Л. Афанасьев. - М.: Книга по Требованию, 2012. - 213 с.
2. Гудков В.А. Безопасность транспортных средств. Автомобили. Учебное пособие для вузов / В.А. Гудков, Ю.Я. Коморов, А.Н. Рябчинский – М.: Горячая линия – Телеком, 2010.- 431 с.
3. Вахламов В.К. Автомобили: Эксплуатационные свойства: учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов – 3-е изд. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2007. – 240 с.
4. Степанов И.С. Конструкция автомобиля: в 3 т. Учебник для вузов / И.С. Степанов; под общей ред. профессора А.Л. Карунина. – М.: Горячая линия – Телеком, 2008. – Т 3: Кузова и кабины. – 464 с.
5. А.Д. Лукьянчук. Безопасность транспортных средств. Конспект лекций для студентов. Минск, БНТУ. 2012г.
6. Савич, Е.Л. Системы безопасности автомобилей [Электронный ресурс]: учебное пособие / Савич Е.Л., Капустин В.В. - Москва: ИНФРА-М, 2019. - 445 с.
7. Молодцов, В.А. Безопасность транспортных средств [Электронный ресурс] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Технология транспортных процессов» (профили подготовки: «Организация и безопасность движения», «Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий») / В.А. Молодцов. - Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2013. - 237 с.
8. Лебедев, Е.А. Транспортное производство: технологические особенности развития, логистика, безопасность [Электронный ресурс]: монография / Е.А. Лебедев, Л.Б. Миротин, А.К. Покровский; под общ. ред. Л.Б. Миротина. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. - 236 с.
9. Тишин, Б.М. Системы безопасности автомобилей [Электронный ресурс]: методическое пособие / Б.М. Тишин. - Москва; Вологда: Инфра-Инженерия, 2019. - 152 с.
10. Куракина, Е.В. Инженерно-техническая экспертиза наземных транспортных средств [Электронный ресурс]: учебное пособие / Е.В. Куракина, С.С. Евтюков. - СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. - 100 с.
11. Оценка надежности машин и оборудования: теория и практика [Электронный ресурс]: учебник / И.Н. Кравченко и др.; под ред. И.Н. Кравченко. - М.: Альфа-М: Инфра-М, 2012. - 336 с.