

Методические указания

по выполнению курсового проекта
по дисциплине «Безопасность транспортных средств»

для студентов, обучающихся по направлению 23.03.03

«Технология транспортных процессов»
(профиль «Безопасность дорожного движения»)

Представлены методические указания по выполнению курсового проекта по дисциплине «Безопасность транспортных средств». В работе приведены два метода расчёта параметров обгоняемого автомобиля. Расчёт параметров позволяет оценить предельные условия обгона автомобиля и целесообразность выполнения маневра обгона в конкретных условиях движения автотранспортных категорий. Показатели тормозной динамичности автомобиля

Тема проекта (работы): «Определение параметров обгона и показателей тормозной динамичности автомобиля». Основные технические характеристики разрабатываемого объекта: определение расчетных значений основных параметров маневра при выполнении завершённого обгона; расчет параметров обгона с постоянной скоростью графоаналитическим методом; построение схемы и графика обгона; расчет параметров обгона с возрастающей скоростью; расчет ширины динамического коридора при прямолинейном и криволинейном движении автомобиля; определение дистанции безопасности при движении автомобиля по варианту задания № _____. Объем графического материала: схема и графики обгона и показателей тормозной динамичности автомобиля на 1 листе формата А1, графики зависимостей параметров обгона и показателей безопасности движения автотранспортных средств в составе пояснительной записки. Содержание пояснительной записки: задание; содержание; введение; цель и задачи работы; исходные данные; определение параметров обгона; расчет ширины динамического коридора; дистанции безопасности при движении автомобиля; показатели тормозной динамичности автомобиля; выводы.

1. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Целью курсового проекта является закрепление студентами знаний, полученных на лекционном курсе «Безопасность транспортных средств», связанных с пониманием влияния свойств транспортных средств (ТС) и условий движения на возможность и целесообразность совершения обгона.

В ходе выполнения курсового проекта должны быть определены:

1) значения времени ($t_{\text{обг}}$), пути ($S_{\text{обг}}$) и скорости (V) при выполнении завершённого обгона;

2) значения времени ($t_{\text{н.обг}}$), пути ($S_{\text{н.обг}}$), необходимые для выполнения незавершённого обгона при заданной величине замедления автомобиля после решения водителя прекратить обгон;

3) возможность безопасного прекращения обгона в соответствии с выбранной схемой решения водителя о прекращении обгона.

Пояснительная записка выполняется на листах формата А4. Все расчёты необходимо проводить в международной системе единиц (СИ). Результаты вычислений представляются в виде таблиц и графиков. Масштаб, выбираемый при построении графиков, должен обеспечить наглядность представляемой информации и удобство пользования полученными результатами.

4) для расчета тормозных свойств автомобиля принимается модель обгоняющего автомобиля. Построить тормозную диаграмму для заданного автомобиля.

2. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

В качестве исходных данных задаются:

- модель обгоняющего и обгоняемого ТС;
- постоянная скорость движения обгоняемого ТС – V_2 ;
- максимальная скорость обгоняющего ТС – V_{max} ;
- длина обгоняющего ТС – L_1 ;
- максимальное замедление для обгоняющего ТС – J_{max} ;
- длина обгоняемого ТС – L_2 ;
- постоянная времени разгона обгоняющего ТС – T_V ;
- временной интервал между обгоняющим и обгоняемым ТС перед началом обгона – t_{12} ;
- временной интервал между обгоняемым и обгоняющим ТС после завершения обгона – t_{21} ;

– расстояние между обгоняющим и обгоняемым ТС после прекращения обгона и завершения торможения перед возвращением на свою полосу равно одному метру;

– время перестроения при возвращении ТС на свою полосу – t_{Π} .

Временные интервалы между ТС принимаются одинаковыми для всех вариантов заданий: $t_{12} = 2,0$ с; $t_{21} = 1,5$ с; $t_{\Pi} = 2,0$ с.

3. ОФОРМЛЕНИЕ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Работа оформляется в виде пояснительной записки, в которой должны быть представлены исходные данные, графики графоаналитического метода определения показателей обгона (в случае его применения).

Результаты должны быть представлены в виде таблиц и графика изменения показателей в зависимости от скорости обгоняемого ТС и сделаны соответствующие выводы.

Задание на курсовое проектирование выбирается исходя из вариантов, представленных в прил. А. При этом оформляется бланк «Задание на курсовой проект», в котором указываются номер варианта и исходные данные для проектирования.

Курсовой проект оформляется в соответствии с ГОСТ 2.105–95 «Общие требования к текстовым документам».

Курсовой проект оформляется в электронном виде [8]

4. АСПЕКТЫ ТЕОРИИ ОБГОНА

Обгон представляет собой сложный и опасный манёвр, вызванный желанием водителя двигаться без потерь времени. Обгон связан с выездом на сторону проезжей части встречного направления и требует свободного пространства перед обгоняющим автомобилем. Трудность правильного выполнения обгона в сочетании с высокой скоростью требует от водителя безошибочного расчёта и точных действий по управлению автомобилем. Малейшая неосмотрительность при обгоне может привести к тяжёлым последствиям. Чем больше скорость транспортного потока, тем больше вероятность дорожно-транспортного происшествия (ДТП) при обгоне.

Манёвр обгона можно разделить на три фазы: отклонение обгоняющего автомобиля влево и выезд на соседнюю полосу движения встречного

направления; движение слева от обгоняемого автомобиля и впереди него; возвращение обгоняющего автомобиля на свою полосу впереди обгоняемого автомобиля.

Для простоты расчётов время, затраченное на поперечное смещение обгоняющего автомобиля и переход его с одной стороны проезжей части на другую, не учитывают, так как это время невелико по сравнению с общим временем обгона. Не учитывают и увеличение пути автомобиля, вызванное этим смещением.

В зависимости от условий движения, на дороге обгон может совершаться либо с постоянной, либо с возрастающей скоростью. Обгон с постоянной скоростью характерен для свободного, нестеснённого движения автомобиля в загородных условиях. Тогда водитель обгоняющего автомобиля 1 (рис. 1) имеет впереди себя достаточное пространство для предварительного разгона до большей скорости V_1 . Эта скорость должна быть больше скорости V_2 обгоняемого автомобиля 2. Время $t_{обг}$ и расстояние $S_{обг} = S_1$, необходимые в этом случае для безопасного обгона, определяют следующим образом.

Путь обгона

$$S_{обг} = S_1 = D_1 + D_2 + S_2 + L_1 + L_2 \quad (1)$$

или

$$S_{обг} = S_1 = V_1 t_{обг}, \quad (2)$$

где D_1 и D_2 – дистанции безопасности между обгоняющим и обгоняемым автомобилями в начале и конце обгона, м; L_1 и L_2 – габаритные длины автомобилей 1 и 2, м; S_2 – путь обгоняемого автомобиля, м.

Путь обгоняемого автомобиля

$$S_2 = V_2 t_{обг} = V_2 S_{обг} / V_1. \quad (3)$$

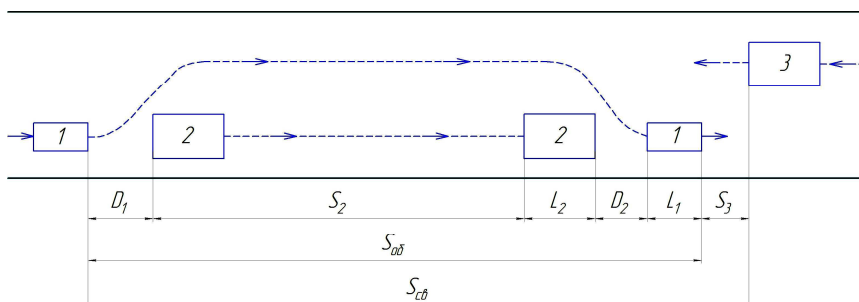


Рис. 1. Схема обгона автомобиля:

1 – обгоняющий автомобиль; 2 – обгоняемый автомобиль;
3 – встречный автомобиль

Из формул (1) – (3) получаем

$$S_{\text{обг}} = \left(1 - \frac{V_2}{V_1}\right) = D_1 + D_2 + L_1 + L_2. \quad (4)$$

Следовательно,

$$S_{\text{обг}} = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{V_1 - V_2} V_1. \quad (5)$$

Время обгона

$$t_{\text{обг}} = S_{\text{обг}} / V_1 = (D_1 + D_2 + L_1 + L_2) / (V_1 - V_2). \quad (6)$$

Таким образом, время и путь обгона в большей степени зависят от скорости обгоняющего автомобиля V_1 . Чем динамичнее автомобиль, тем меньше значения $S_{\text{обг}}$ и $t_{\text{обг}}$, следовательно, тем быстрее автомобиль может вернуться на свою полосу движения, обеспечив необходимую безопасность. Многочисленные наблюдения показали, что при свободном движении скорости обгоняющих автомобилей достаточно высоки, но не достигают предельных значений и обычно составляют 80...90% максимально возможной скорости.

Величины дистанций безопасности D_1 и D_2 в большей степени зависят от дорожных условий, типа автомобиля, опыта и квалификации водителя. Точный их расчёт невозможен, поэтому правилами дорожного движения предусматривается, что дистанции между автомобилями выбирает водитель. Для ориентировочных расчётов этих расстояний в литературе имеется много различных предложений. Так, некоторые авторы определяют эти дистанции, исходя из времени, необходимого водителю для оценки обстановки перед обгоном. Это время принимают в интервале 2...5 с. Другие исследователи считают дистанции примерно D_1 и D_2 , равными остановочному пути обгоняющего автомобиля. Третьи предлагают уравнения, в которых учитывается разность тормозных путей обгоняющего и обгоняемого автомобилей. Массовые наблюдения, проведённые в различных условиях, показали недостоверность этих предпосылок. В действительности водители при определении дистанции безопасности при обгоне учитывают не только возможность экстренного торможения переднего автомобиля, но и вероятность его в данной дорожной обстановке. Другими словами, опираясь на накопленный опыт и интуицию, водитель выбирает расстояние с учётом всех факторов, характеризующих условия движения. Не удивительно, что фактические величины дистанций могут весьма значительно отличаться от значений, определённых на основании указанных выше умозрительных предпосылок.

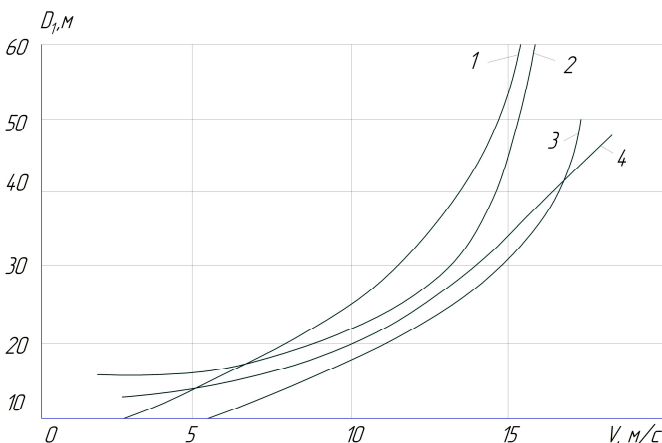


Рис. 2. Дистанции безопасности при следовании автомобиля в потоке:

- 1 – грузовой автомобиль следует за легковым; 2 – грузовой автомобиль движется за грузовым; 3 – легковой автомобиль следует за легковым;
4 – легковой автомобиль следует за грузовым

При временном интервале между следующими один за другим автомобилями 9...10 с на величину дистанции влияет и тип автомобиля (рис. 2). Наименьшие дистанции выдерживают при следовании легкового автомобиля за легковым, а максимальные – при движении грузового автомобиля за легковым. Характер зависимости дистанции от скорости одинаков для взаимодействующих автомобилей всех типов. Согласно имеющимся данным, первая дистанция безопасности может быть представлена в виде функции скорости обгоняющего автомобиля

$$D_1 = a_{\text{обг}} V_1^2 + 4,0, \quad (7)$$

а вторая – в виде функции скорости обгоняемого автомобиля

$$D_2 = b_{\text{обг}} V_2^2 + 4,0, \quad (8)$$

где $a_{\text{обг}}$ и $b_{\text{обг}}$ – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа обгоняемого автомобиля (табл. 1).

1. Значения коэффициентов $a_{\text{обг}}$ и $b_{\text{обг}}$

Автомобили	$a_{\text{обг}}$	$b_{\text{обг}}$
Легковые	0,33	0,26
Грузовые средней грузоподъёмности	0,53	0,48
Грузовые большой грузоподъёмности	0,76	0,67

Вторая дистанция безопасности короче первой, так как водитель обгоняющего автомобиля стремится быстрее возвратиться на свою полосу движения и иногда «срезает угол». Кроме того, скорость V_1 обгоняющего автомобиля больше скорости V_2 , поэтому если в момент завершения обгона дистанция между автомобилями окажется короче допустимой, то она очень быстро увеличится.

Для анализа процесса обгона удобно пользоваться схемой, на которой изображены зависимости между временем и перемещениями автомобилей (рис. 3).

Положения обгоняющего, обгоняемого и встречного автомобилей в начальный момент времени отмечены в нижней части схемы соответственно цифрами 1', 2' и 3'. Движение всех трёх автомобилей считаем равномерным, и соответствующие зависимости $S = S(t)$ представляют собой прямые линии I, II и III. В начале обгона расстояние между передними частями обгоняемого и обгоняющего автомобилей равно $D_1 + L_2$. Точка A пересечения прямых I и II характеризует момент обгона, в который оба автомобиля поравнялись (время t_A), после чего обгоняющий автомобиль начинает выходить вперёд. Чтобы определить минимально необходимые время и путь обгона, нужно найти на графике такие две точки B и C на линиях I и II, расстояние между которыми по горизонтали было бы равно сумме $D_2 + L_1$. Тогда абсцисса точки C определит путь обгона, а ордината – время обгона.

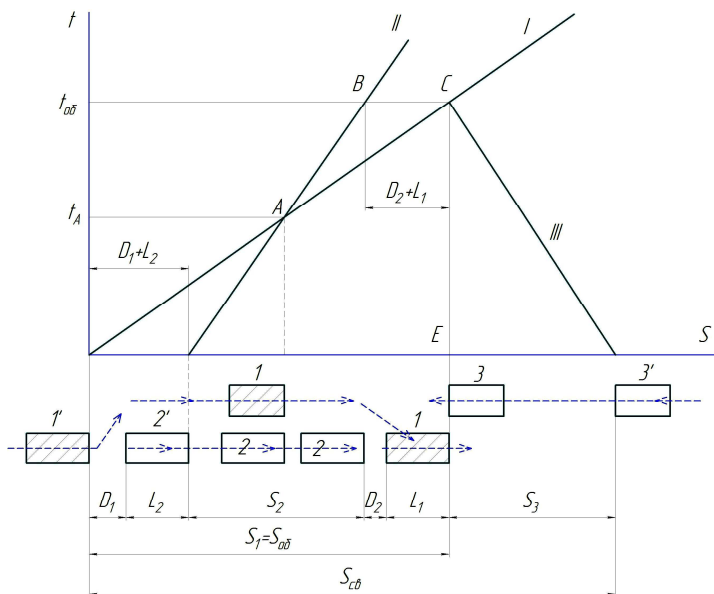


Рис. 3. Схема и график обгона при равномерном движении автомобиля

Зная $S_{\text{обг}}$ и V_3 , можно определить минимальное расстояние $S_{\text{обг}}$, которое должно быть свободным перед обгоняющим автомобилем в начале обгона:

$$S_{\text{св}} = S_{\text{обг}} + S_3 = S_{\text{обг}} \left(1 + \frac{V_3}{V_1} \right) = \frac{D_1 + D_2 + L_1 + L_2}{V_1 - V_2} (V_1 + V_3). \quad (9)$$

Чем выше скорость обгоняющего автомобиля, тем меньше значения $S_{\text{обг}}$, $t_{\text{обг}}$, $S_{\text{св}}$, необходимые для безопасного обгона. Поэтому наиболее безопасен обгон легковым автомобилем тихоходного транспортного средства, например автопоезда. Напротив, обгоны легковых автомобилей, предпринимаемые иногда торопящимися водителями грузовых автомобилей и даже автопоездов, весьма опасны и нередко заканчиваются трагически.

Обгоны с постоянной скоростью возможны на дорогах с проезжей частью шириной более 7...8 м и интенсивностью движения в обоих направлениях менее 40...60 автомобилей в час, т.е. с интервалом движения около 1 мин. Значительно сложнее и опаснее обгонять при большой интенсивности движения. Так, если интенсивность превышает 150...160 автомобилей в час, то они движутся сплошным потоком. В этих условиях быстrophодный автомобиль, догнав медленно движущийся автомобиль, уменьшает скорость и некоторое время движется позади него с той же скоростью. Водитель сзади движущегося автомобиля внимательно следит за потоком и при появлении перед обгоняемым автомобилем достаточно свободного расстояния начинает обгон, сочетая его с разгоном. Для того чтобы путь и время обгона были минимальными, интенсивность разгона должна быть максимально возможной.

Расчёты пути и времени обгона, сочетаемого с разгоном, существенно упрощаются, если принять, что обгоняющий автомобиль движется с постоянным ускорением. Ускорение обычно принимают примерно равным 0,7–0,8 от максимально возможного в данных дорожных условиях. При равноускоренном движении обгоняющего автомобиля с начальной скорости, равной V_2 ,

$$S_{\text{обг}} = S_1 = V_2 t_{\text{обг}} + \frac{j t_{\text{обг}}^2}{2}, \quad (10)$$

где j – ускорение автомобиля, м/с^2 .

Кроме того, согласно формуле (1), при отсутствии встречного автомобиля

$$S_{\text{обг}} = D_1 + D_2 + L_1 + L_2 + V_2 t_{\text{обг}}. \quad (11)$$

Следовательно, время обгона

$$t_{\text{обг}} = \sqrt{2(D_1 + D_2 + L_1 + L_2) / j}. \quad (12)$$

Зная $t_{\text{обг}}$, по формуле (10) или (11) находят путь обгона.

В случае обгона, сочетаемого с разгоном, большое значение имеет приемистость автомобиля. Чем больше максимальное ускорение автомобиля, тем быстрее будет закончен обгон. Так, если принять $D_1 = D_2 = 30$ м и $L_1 = L_2 = 5$ м, то при $j = 0,2$ м/с² для обгона автомобиля, движущегося со скоростью 10 м/с, необходимы время не менее 27 с и расстояние около 335 м. При увеличении ускорения до 0,4 м/с² время обгона уменьшается до 19 с, а путь обгона – до 260 м.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ОБГОНА

Обгон является важным манёвром, который позволяет водителю ТС поддерживать оптимальную, по условиям задачи управления, среднюю скорость. Возможность выполнения обгона зависит от скорости обгоняемого и скоростных свойств обгоняющего ТС, наличия необходимого интервала во встречном потоке. Обгон может выполняться «с хода» и с ожиданием возможности обгона, когда начальная скорость обгоняющего ТС равна скорости обгоняемого автомобиля. Последняя схема является наиболее типичной для сегодняшнего состояния транспортного потока и используется при выполнении курсового проекта.

На рисунке 4 представлена схема обгона «с ожиданием». Перед началом обгона водитель обгоняющего ТС₁ следует за обгоняемым ТС₂.

В процессе обгона в определённый момент (в данном случае расчёт ведётся для положения 1.1, когда обгоняющий ТС₁ догнал ТС₂) водитель должен принять окончательное решение о завершении или прекращении обгона. В случае продолжения обгона ТС₁ опережает ТС₂ и возвращается на свою полосу движения (положение 1.2). В момент завершения обгона между обгоняемым и обогнавшим ТС должен быть временной интервал t_{21} , которому соответствует дистанция S_{21} ; в последующие моменты времени величина S_{21} быстро увеличивается, так как скорость обгоняющего ТС выше, чем у обгоняемого.

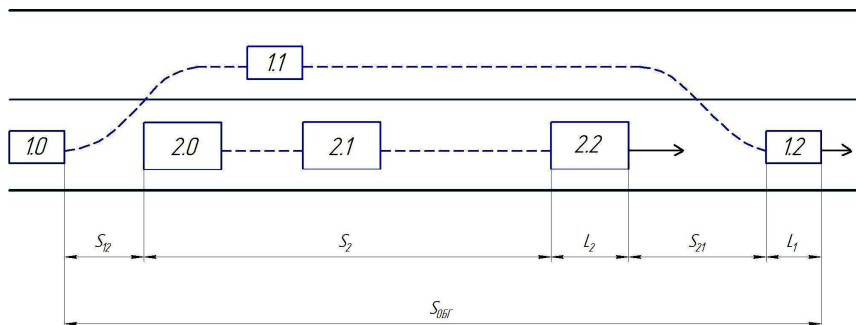


Рис. 4. Схема обгона «с ожиданием» с временным интервалом t_{12} , которому соответствует дистанция S_{12}

Описанный режим движения ТС обеспечивает минимальные значения пути и времени обгона по схеме «с ожиданием». Значения времени обгона $t_{\text{обг}}$, пути обгона $S_{\text{обг}}$ и скорости обгоняющего ТС в момент завершения обгона $V_{\text{обг}}$ в зависимости от скорости обгоняемого ТС – определяют предельные условия, при которых обгон может быть завершён. На рисунке 5 показана схема незавершённого обгона.

В положении 1.2, когда обгоняющее ТС отстаёт от обгоняемого автомобиля на один метр водитель прекращает торможение и так как скорость $ТС_1$ в этот момент меньше, чем у $ТС_2$, то последнее уходит вперёд и водитель обгоняющего ТС может вернуться на свою полосу движения, совершая маневр за время t_n (время перестроения).

Сопоставление значений $t_{обг}$ и $t_{н.обг}$ и $S_{обг}$ и $S_{н.обг}$ позволяет оценить правильность выбора момента о возможности или невозможности завершить обгон.

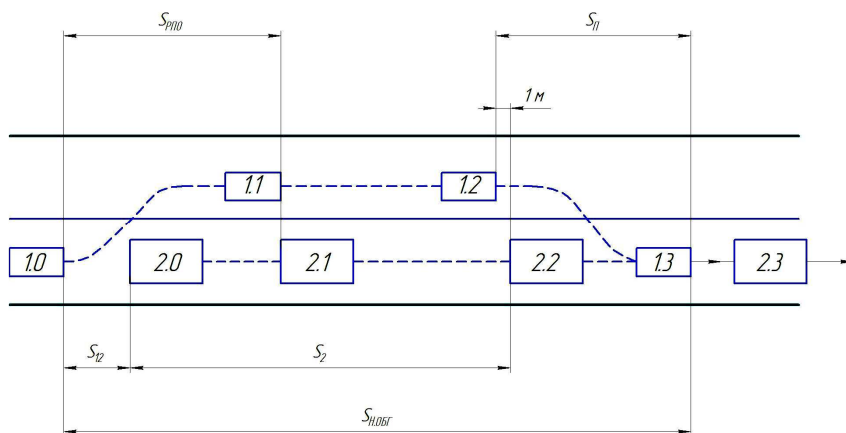


Рис. 5. Схема незавершённого обгона

Для того чтобы решение о прекращении обгона повышало безопасность (т.е. уменьшало вероятность столкновения со встречным автомобилем) по сравнению с решением продолжать обгон, необходимо, чтобы время и путь незавершённого обгона были меньше, чем при его завершении. Разница между этими значениями завершённого и незавершённого обгонов определяет величину резервов безопасности. Если резервы равны нулю или становятся отрицательными, то это означает, что решение о необходимости прекратить обгон надо было принимать раньше, чем обгоняющее ТС догонит обгоняемое ТС.

Вычисление рассмотренных выше показателей возможно графоаналитическим и аналитическим методом. Чтобы описать методику вычислений рассмотрим график, приведённый на рис. 6. По оси абсцисс отложено время t в секундах. По оси ординат вверх – путь, проходимый ТС₁ в метрах, а вниз – скорость обгоняющего ТС.

В соответствии с ранее изложенным в первом квадранте построены графики «время–путь» обгоняющего автомобиля, а в четвёртом квадранте – график «время–скорость» обгоняющего автомобиля при разгоне с максимальной интенсивностью.

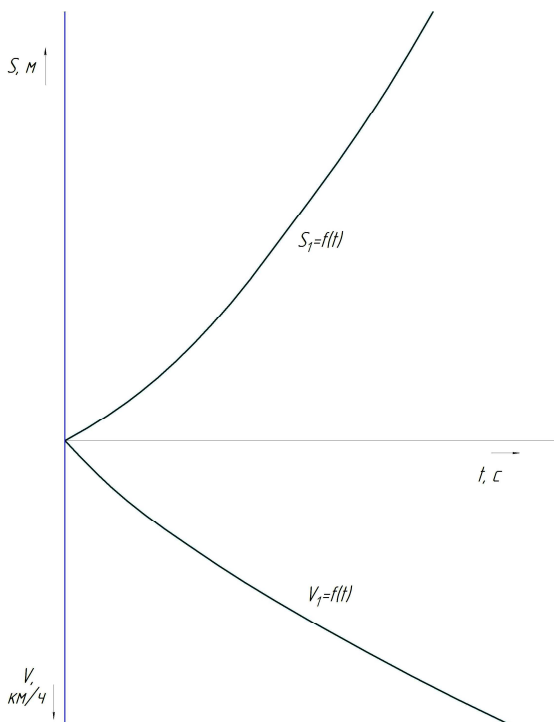


Рис. 6. Зависимость пути и скорости обгона от времени

Чтобы определить искомые показатели, сначала необходимо построить измерения указанных зависимостей пути и скорости от времени. Вычисление значений скорости при заданном времени разгона проводится по формуле (13):

$$V = V_{\max} \left(1 - e^{t/T_V} \right), \quad (13)$$

где $V_{\max}$ – максимальная скорость обгоняющего ТС, км/ч; t – текущее время, с; T_V – постоянная времени разгона, с.

Вычисление значений пути производится по формуле

$$S = \frac{V_{\max} \left[t - T_V \left(1 - e^{-t/T_V} \right) \right]}{3,6}. \quad (14)$$

Пример построения графиков по этим формулам приведён на рис. 6.

Условия завершения обгона можно записать в виде

$$S = S_{12} + S_2 + S_{21} + L_1 + L_2, \text{ м}, \quad (15)$$

где S_{12} – дистанция между обгоняемым ТС перед обгоном, с; S_2 – путь, проходимый обгоняемым ТС за время обгона, с; S_{21} – дистанция между обгоняемым и обгоняющим ТС после завершения обгона, м; L_1 – длина обгоняющего ТС, м; L_2 – длина обгоняемого ТС, м.

Вычисление значений S_{12} , S_2 , S_{21} производится по формулам (16) – (18):

$$S_{12} = \frac{t_{12} V_2}{3,6}; \quad (16)$$

$$S_2 = \frac{t_{\text{обг}} V_2}{3,6}; \quad (17)$$

$$S_{21} = \frac{t_{21} V_2}{3,6}. \quad (18)$$

Анализируя формулы (16) – (18), мы можем заметить, что для вычисления $S_{\text{обг}}$ нам не хватает значения $t_{\text{обг}}$. Чтобы найти значение $t_{\text{обг}}$, перепишем уравнение (15) в виде

$$S_{\text{обг}} - S_{12} - S_2 - S_{21} - L_1 - L_2 = 0, \text{ м}. \quad (19)$$

Решение уравнения (19) возможно аналитическим или графоаналитическим методами.

5.1. ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЁТА

Решение графоаналитическим способом показано на рис. 7 и представляет собой последовательность следующих действий:

1. Задавая скорость V_2 , с помощью зависимости «время–скорость», находим значения t_0 и S_0 соответствующие началу, обгона.

2. От точки A (с координатами $[S_0; t_0]$) откладываем вверх величину

$$S_{\text{обг}} = S_{12} + S_{21} + L_1 + L_2, \text{ м.} \quad (20)$$

3. Из найденной точки C , ордината которой соответствует величине $S + S_{\text{обг}}$, проводим под углом α ($V_2 = \text{tg}\alpha$, выраженным в м/с) прямую до пересечения с кривой разгона обгоняющего автомобиля «время–путь». Точка пересечения – M_S с координатами $(S_M; t_M)$ является моментом завершения обгона. Время и путь разгона будут соответственно равны

$$t_{\text{обг}} = t_M - t_0, \text{ с;} \quad (21)$$

$$S_{\text{обг}} = S_M - S_0, \text{ м.} \quad (22)$$

4. Для определения скорости в момент завершения обгона необходимо из точки t_T опустить вниз перпендикуляр до пересечения с кривой $V_1 = f(t)$, т.е. зависимостью «время–скорость» для обгоняющего ТС в момент завершения обгона – $V_{\text{обг}}$.

5. Для вычисления параметров незавершённого обгона из точки A с координатами $(S_0; t_0)$ откладываем вверх величину

$$S_{\text{ppo}} = S_{12}. \quad (23)$$

6. Из найденной точки B под углом α ($V_2 = \text{tg}\alpha$) проводим прямую до пересечения с кривой разгона автомобиля «время–путь» в точке D_S . Точка пересечения соответствует положению 1.1 автомобиля на рис. 5.

7. Для определения скорости автомобиля в момент принятия решения о прекращении обгона V_{ppo} из полученной точки D_S опустим перпендикуляр до пересечения с кривой «время–скорость». Получим точку D_V , ордината которой соответствует скорости ТС в момент принятия решения о прекращении обгона.

8. Для определения параметров последующего торможения необходимо из полученной точки D_S отложить вниз расстояние, равное одному метру, и получить точку E . Из точки E проводим кривую торможения, определённую по формуле

$$S_t = \frac{V_{\text{ppo}}^2}{3,6} - \frac{J_T t_T^2}{2}, \quad (24)$$

где S_t – тормозной путь, м; t_T – время торможения, с; $J_T = J_{T \text{ max}}$ – максимальное замедление для обгоняющего ТС, м/с².

Точка пересечения кривой торможения и прямой перемещения обгоняемого автомобиля F_S соответствует положению 1.2 обгоняющего автомобиля на рис. 5 и определяет момент завершения торможения.

Для определения скорости в момент завершения торможения необходимо из точки F опустить вниз перпендикуляр. Кроме того из точки D_V под углом β ($JT = \text{tg}\beta$, в км/ч) провести линию до пересечения с проведенным перпендикуляром в точке F_V . Ордината их пересечения – скорость в момент завершения торможения.

9. Определение расстояния перестроения на свою полосу движения производится по формуле

$$S_{\Pi} = \frac{t_{\Pi} V_{3.T}}{3,6}, \quad (25)$$

где t_n – время перестроения на свою полосу, равное 2 с; $V_{3,т}$ – скорость ТС₁ в момент завершения торможения (определяется по графику).

10. Определение показателей обгона. Показатели обгона определяются с помощью построенного графика на рис. 7.

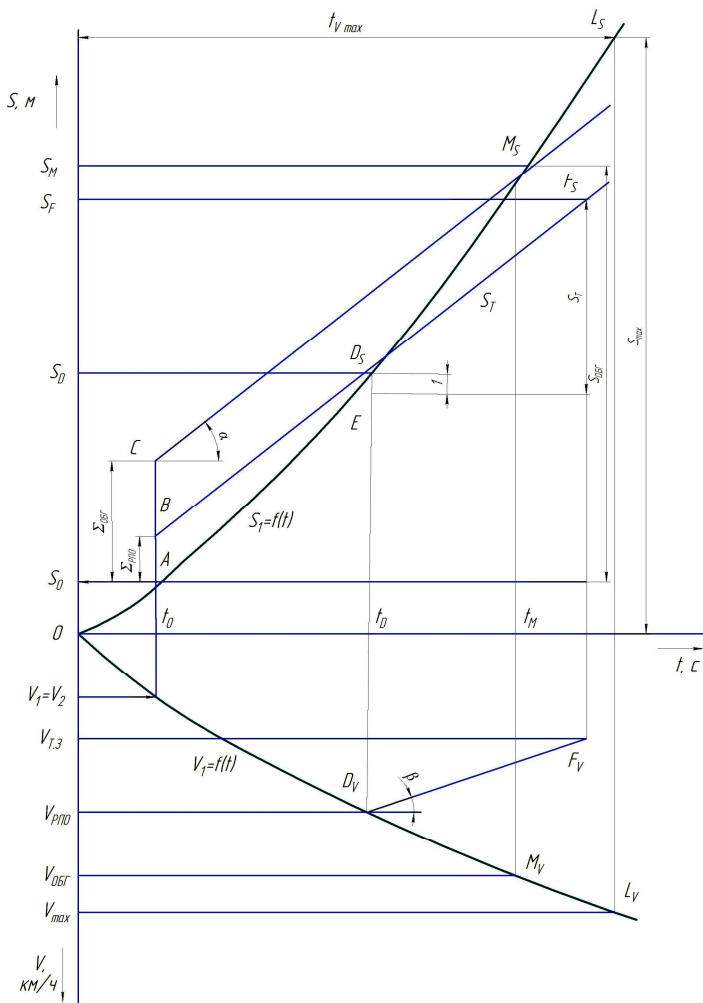


Рис. 7. Показатели обгона транспортных средств

Показатели завершённого обгона:

$$t_{\text{обр}} = t_m - t_0, \text{ с;} \quad (26)$$

$$S_{\text{обр}} = S_m - S_0, \text{ м.} \quad (27)$$

Показатели незавершённого обгона:

$$t_{\text{н.обр}} = t_{\text{рпо}} + t_{\text{т}} + t_{\text{п}}; \quad (28)$$

$$t_{\text{рпо}} = t_D - t_0; \quad (29)$$

$$t_{\text{п}} = t_F - t_D; \quad (30)$$

$$S_{\text{н.обр}} = S_D - S_0 + S_{\text{т}}. \quad (31)$$

5.2. АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД РАСЧЁТА

5.2.1. Завершённый обгон

Для аналитического решения задачи в уравнение (19) надо подставить аналитическое выражение входящих в него членов, в результате подстановки получим выражение

$$\left(\frac{V_{\text{max}} \left[t - T_V (1 - e^{-t_m/T_V}) \right]}{3,6} - S_0 \right) - \left(\sum_{\text{обр}} + \frac{V_2 (t - t_0)}{3,6} \right) = \Delta S, \text{ м,} \quad (32)$$

где $S_{\text{обр}}$ – выражение в первой скобке, м; ΔS – погрешность вычислений, м.

Для решения уравнения (32) необходимо предварительно определить значения S_0 и t_0 , соответствующие значениям $V_1 = V_2$, которые были предварительно определены по табл. 4. Для этого уравнение (13) необходимо записать в виде

$$V = V_{\text{max}} (1 - e^{-t_m/T_V}) - V_2 = \Delta V, \text{ км/ч.} \quad (33)$$

Разделив ΔV на V_2 , определим относительную погрешность вычислений V_2 при заданном значении t . Примем, что величина относительной погрешности не должна быть более $\pm 1\%$:

$$\frac{\Delta V}{V_2} 100 < \pm 1\%. \quad (34)$$

Подставляя в уравнение (33) различные значения t , определим величину t_0 , удовлетворяющую условию (34). Подставив значение t_0 в уравнение (32), вычислим величину S_0 .

Найденные значения S_0 и t_0 подставим в уравнение (32). Примем, что относительная погрешность ΔS не должна быть более $\pm 1\%$:

$$\frac{\Delta S}{S_{\text{обг}}} 100 < \pm 1\%. \quad (35)$$

Подставляя в уравнение (32) различные значения t , найдём величину t_M (см. рис. 7), удовлетворяющую условию (35) и соответствующую расстоянию обгона $S_{\text{обг}}$. Время обгона определим из уравнения (26).

5.2.2. Незавершённый обгон

Чтобы определить параметры незавершённого обгона, надо в выражении (32) величину $\Sigma_{\text{обг}}$ заменить на величину $\Sigma_{\text{н.обг}}$ и описанным выше способом найти значения t_D , соответствующие моменту принятия решения о прекращении обгона, и значения $S_{\text{рпо}}$ и $V_{\text{рпо}}$.

Условие вычисления пути торможения S_T , обеспечивающего возврат на свою полосу в результате прекращения обгона, можно записать в виде

$$S_T - \frac{V_2 t_T}{3,6} - 1 = \Delta S, \text{ м}, \quad (36)$$

где S_T – тормозной путь, определяемый по формуле

$$S_T = \frac{V_{\text{рпо}} t_T}{3,6} - \frac{J_T t_T^2}{2}, \text{ м}, \quad (37)$$

где V_2 – скорость обгоняемого автомобиля; t_T – время торможения; ΔS – погрешность вычислений.

Принимая, что величина относительной погрешности не должна быть более $\pm 1\%$,

$$\frac{\Delta S}{S_T} 100 < \pm 1\%. \quad (38)$$

Подставляя различные значения t в выражение (37), определим величину t_T удовлетворяющую условию (38).

Подставляя значение t_T в уравнение (37) найдём величину S_T . Значение скорости в момент завершения торможения $V_{3,T}$ найдём из выражения

$$V_{3,T} = V_{\text{рпо}} - j_T t_T, \text{ км/ч}. \quad (39)$$

Путь, проходимый автомобилем при возвращении на свою полосу движения, определяется из уравнения (25). Время незавершённого обгона $t_{\text{н.обг}}$ определяется по формуле (28). Путь, проходимый ТС $S_{\text{н.обг}}$, вычисляется по формуле

$$S_{\text{н.обг}} = S_{\text{рпо}} + S_T + S_{\text{п}}, \text{ м}. \quad (40)$$

5.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗЕРВОВ ВРЕМЕНИ И ПУТИ

Для определения возможности избежать ДТП при решении прекратить обгон в соответствии со схемой, приведённой на рис. 5, определяются величины резервов времени $\text{res } t$ и пути $\text{res } S$ по формулам

$$\text{res } t = t_{\text{обг}} - t_{\text{н.обг}}, \text{ с.} \quad (41)$$

$$\text{res } S = S_{\text{обг}} - S_{\text{н.обг}}, \text{ м.} \quad (42)$$

Знак минус означает отсутствие резервов и невозможность избежать ДТП путём торможения.

5.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАВЕРШЁННОГО И НЕЗАВЕРШЁННОГО ОБГОНОВ

Определение показателей производится для каждого значения скорости обгоняемого ТС V_2 .

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАМЕДЛЕНИЯ, ВРЕМЕНИ И ПУТИ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ АВТОМОБИЛЯ

Оценочными показателями тормозной динамичности автомобиля служат среднее замедление за период полного торможения и путь автомобиля от начала воздействия водителя на орган управления до остановки, т. е. за время $t_c + t_n + t_{уст}$, где t_c – время запаздывания тормозной системы; t_n – время нарастания замедления; $t_{уст}$ – интервал времени, в котором замедление постоянно.

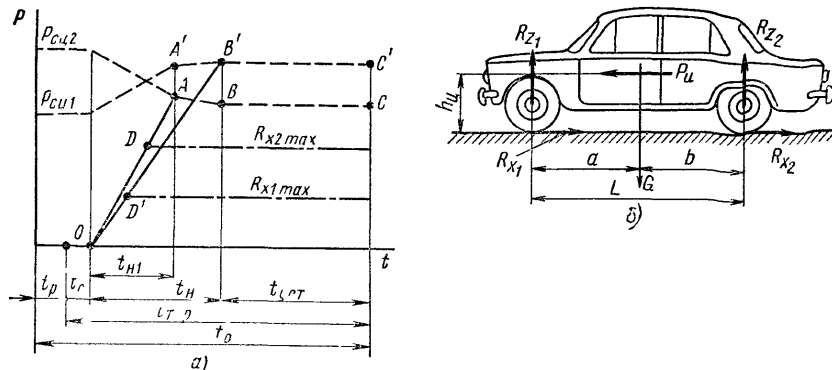


Рис. 6.1. Показатели тормозной динамичности автомобиля: а – зависимость сил сцепления от времени; б – схема сил, действующих на автомобиль.

Продолжительность периода t_{n1} (см. рис. 6.1, а) от начала торможения автомобиля до блокировки задней оси находим по формуле:

$$t_{n1} = \frac{Ga\varphi_x}{K_2L + (K_1 + K_2)h_u\varphi_x}, \quad (6.1)$$

где G – вес автомобиля; a и h_u – расстояния соответственно от центра тяжести автомобиля до переднего моста и до поверхности дороги; φ_x – коэффициент сцепления; L – база автомобиля; K_1 и K_2 – скорости нарастания тормозных сил; для тормозных систем с гидроприводом они равны 15–30 кН/с, с пневмоприводом 25–100 кН/с.

Величины K_1 и K_2 зависят от типа автомобиля. У легковых автомобилей центр тяжести расположен примерно посередине базы. При их торможении нагрузка на передний мост больше, чем на задний; для более полного использования сцепления передних шин с дорогой тормозную систему конструируют так, чтобы обеспечить $K_1 > K_2$. У грузовых автомобилей и автобусов основная часть нагрузки (до 70%) приходится на задний мост, и тормозная сила, действующая на него, должна расти быстрее, чем тормозная сила, действующая на передний мост ($K_1 < K_2$).

Замедление j_z в периоде t_{n1} изменяется прямо пропорционально времени

и в конце периода составляет:

$$j'_3 = -\frac{dv}{dt} = \frac{K_1 + K_2}{M} t_{н1}. \quad (6.2)$$

где M – масса автомобиля [кг];

Интегрируя выражение (2), получаем значения скорости v_1 и пути S_1 автомобиля в конце первого периода (при $t = t_{н1}$):

$$v_1 = v_0 - \frac{\alpha_{\tau} t_{н1}^2}{2}; \quad (6.3)$$

$$S_1 = v_0 t_{н1} - \frac{\alpha_{\tau} t_{н1}^3}{M}; \quad 6. (4)$$

где v_0 – начальная скорость автомобиля, $\alpha_{\tau} = (K_1 + K_2)/M$.

В большинстве случаев последним членом в формуле (4) можно пренебречь, тогда,

$$S_1 \approx v_0 t_{н1}. \quad 6. (5)$$

Продолжительность периода t_n находим из выражения:

$$t_n = \frac{G\varphi_x (b + h_y \varphi_x)}{K_1 L}, \quad (6.6)$$

где b – расстояние от центра тяжести автомобиля до заднего моста.

Замедление после начала блокировки колес заднего моста изменяется с течением времени

$$j''_3 = \frac{a\varphi_x g}{L + h_y \varphi_x} + \frac{K_1 L}{M(L + h_y \varphi_x)} t = \beta_{\tau} + \gamma_{\tau} t, \quad (6.7)$$

где g – ускорение свободного падения;

$$\beta_{\tau} = \frac{a\varphi_x g}{L + h_y \varphi_x};$$

$$\gamma_{\tau} = \frac{K_1 L}{M(L + h_y \varphi_x)}.$$

Интегрирование формулы (7) дает следующие значения скорости v_2 и пути S_2 для момента блокировки колес переднего моста (при $t = t_{н1}$):

$$v_2 = v_1 - \beta_{\tau} (t_{н1} - t_{н1}) - \frac{\gamma_{\tau}}{2} (t_{н1}^2 - t_{н1}^2); \quad (6.8)$$

$$S_2 = S_1 + v_1(t_n - t_{n1}) - \frac{\beta_T}{2}(t_n - t_{n1})^2. \quad (6.9)$$

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

$$j_3''' = g\varphi_x \quad (6.10)$$

Следовательно, при $\varphi_x = \text{const}$ замедление в этом периоде также постоянно. Автомобиль движется равнозамедленно, и его скорость равномерно падает от v_2 до нуля:

$$v = v_2 - j_3''' t.$$

Продолжительность третьего периода (при $v_3 = 0$):

$$t_{\text{уст}} = v_2 / j_3'''. \quad (6.11)$$

Таким образом, **время от начала воздействия водителя на орган управления до остановки автомобиля (время торможения):**

$$t_{\text{тор}} = t_c + t_n + t_{\text{уст}}. \quad (6.12)$$

Время от начала возникновения опасной обстановки до остановки автомобиля (остановочное время):

$$t_o = t_p + t_c + t_n + t_{\text{уст}}.$$

Перемещение автомобиля за время $t_{\text{уст}}$

$$S_{\text{уст}} = v_2^2 / (2 j_3'''). \quad (6.13)$$

Тормозной путь автомобиля

$$S_T = S_c + S_n + S_{\text{уст}}. \quad (6.14)$$

где S_c – перемещение автомобиля за время t_c ; S_n – перемещение автомобиля за время t_n .

Остановочный путь автомобиля

$$S_o = S_p + S_c + S_n + S_{\text{уст}}.$$

где S_p – перемещение автомобиля за время реакции водителя t_p .

Если у автомобиля блокируются только колеса заднего моста и мощность тормозных механизмов недостаточна для доведения передних колес до юза, то справедливы выражения (1) – (5), (7) – (9) и (11) – (14). Однако время t_n следует определять не по формуле (6), а по выражению

$$t_n = R_{x1\max} / K_1. \quad (6.15)$$

где $R_{x1\max}$ – из справочных данных для конкретной модели автотранспортного средства.

Замедление на третьем этапе в этом случае:

$$j_3''' = \frac{Ga\varphi_x + R_{x1\max} h_u}{(L + h_u \varphi_x) M}. \quad (6.16)$$

Величина замедления, определенная по последней формуле, меньше вычисленной по выражению (6.10).

Полученные формулы дают возможность определять скорость, замедление и путь автомобиля в любой момент торможения. На рис. 6.2, а в качестве примера показано изменение замедления грузового автомобиля по времени (тормозная диаграмма), определенное для следующих данных: $M = 8000$ кг; $a = 2,5$ м, $b = 1,5$ м; $h_{ц} = 0,7$ м; $\phi_x = 0,7$; $K_1 = 30$ кН/с; $K_2 = 50$ кН/с; $t_c = 0,2$ с.

Если максимальные значения R_{x1} и R_{x2} ограничены только сцеплением шин с дорогой, то продолжительность первых двух периодов торможения невелика по сравнению со временем полного торможения. Так, в данном примере время $t_{н1}$ от начала снижения скорости до блокировки колес заднего моста равно приблизительно 0,5 с. Колеса переднего моста блокируются после этого еще через 0,3 с, продолжительность третьего периода равна 2,3 с, а общее время торможения составляет 3,1–3,2 с. Скорость автомобиля при $t = t_{н1}$ уменьшается с 20 до 18,3 м/с, а при $t = t_n$ – до 16,1 м/с. Перемещение автомобиля за время t_n равно 17,8 м, а за время $t_{уст}$ 16 м. Общий тормозной путь составляет около 40 м.

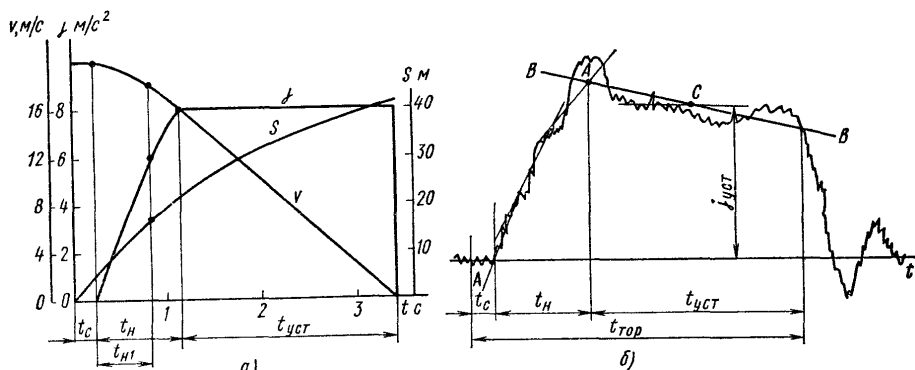


Рис. 6.2. Тормозные диаграммы автомобиля: а – расчетная, б – экспериментальная

Если максимальные значения реакций ограничены конструкцией тормозной системы и составляют, например, $R_{x1max} = 15$ кН и $R_{x2max} = 25$ кН, то максимальное замедление автомобиля падает с 7 до 5 m/s^2 , время торможения возрастает до 4,6 с, а тормозной путь до 52 м.

Сравним расчетные данные с экспериментальными. На рис. 6.2, б показана тормозная диаграмма аналогичного автомобиля, полученная во время дорожных испытаний. Как видно на графике, в действительности замедление в течение времени t_n может изменяться не по линейному, а по другому, более сложному закону, и начало блокировки колес заднего моста трудно установить. В течение времени $t_{уст}$ замедление не остается постоянным, а после остановки автомобиля кривая проходит ниже оси абсцисс. Последнее вызвано колебаниями кузова на подвеске, в котором установлена регистрирующая аппаратура. При обработке экспериментального графика кривые линии аппроксимируют линиями AA и BB, точку пересечения которых считают началом установившегося

торможения. Величина замедления в третьем периоде определяется ординатой точки *C*, расположенной посередине аппроксимирующей линии *BB*.

7. ПРИМЕР РАСЧЁТА

Результаты определения показателей заносятся в табл. 2 – 5 и представляются в виде графика, приведенного на рис. 8. В качестве примера выполнения курсового проекта, приведены результаты определения параметров обгона автомобиля АЗЛК-2141. Заносим исходные данные для исследования в табл. 2.

2. Исходные данные

Показатель	Обгоняющее ТС	Обгоняемое ТС
Модель ТС	АЗЛК-2141	–
Категория ТС	М1	М3
Максимальная скорость, $V_{\max}$, км/ч	158	–
Скорость V_2 , км/ч	–	50, 60, 70, 80, 90
Постоянная времени разгона T_V , с	14,9	–
Длина ТС L_1 (L_2), м	4,4	10,0
Максимальное замедление $J_{\max}$, м/с ²	2,8	–
Временной интервал между ТС, с:		
– перед началом обгона τ_{12}	2,0	
– после завершения обгона τ_{21}	1,5	
	2,0	

7.1. РАСЧЁТ ЗАВИСИМОСТИ ПУТИ И СКОРОСТИ ОТ ВРЕМЕНИ

Вычисляем скорость V_1 и путь S_1 по формулам (13)–(14). Расчёт производится для различных значений t от 5 до 60 с:

$$V = V_{\max}(1 - e^{-t/T_V}),$$

где $V_{\max}$ – максимальная скорость обгоняющего ТС, км/ч; t – текущее время, с; T_V – постоянная времени разгона, с.

$$V(5) = 158 (1 - e^{-5/14,9}) = 45,03 \text{ км/ч};$$

$$V(10) = 158 (1 - e^{-10/14,9}) = 77,2 \text{ км/ч};$$

$$V(15) = 158 (1 - e^{-15/14,9}) = 99,8 \text{ км/ч};$$

$$V(20) = 158 (1 - e^{-20/14,9}) = 116,8 \text{ км/ч};$$

$$V(25) = 158 (1 - e^{-25/14,9}) = 128 \text{ км/ч};$$

$$V(30) = 158 (1 - e^{-30/14,9}) = 136,7 \text{ км/ч};$$

$$V(35) = 158 (1 - e^{-35/14,9}) = 142,9 \text{ км/ч};$$

$$V(40) = 158 (1 - e^{-40/14,9}) = 147,2 \text{ км/ч};$$

$$V(45) = 158 (1 - e^{-45/14,9}) = 150,3 \text{ км/ч};$$

$$V(50) = 158 (1 - e^{-50/14,9}) = 152,5 \text{ км/ч};$$

$$V(55) = 158 (1 - e^{-55/14,9}) = 154 \text{ км/ч};$$

$$V(60) = 158 (1 - e^{-60/14,9}) = 155,2 \text{ км/ч}.$$

Вычисление значений пути производится по формуле

$$S = \frac{V_{\max}}{3,6} \left[t - T_V (1 - e^{-t/T_V}) \right];$$

$$S(5) = \frac{158}{3,6} \left[5 - 14,9 (1 - e^{-5/14,9}) \right] = 33 \text{ м};$$

$$S(10) = \frac{158}{3,6} \left[10 - 14,9 (1 - e^{-10/14,9}) \right] = 119,4 \text{ м};$$

$$S(15) = \frac{158}{3,6} \left[15 - 14,9 (1 - e^{-15/14,9}) \right] = 245 \text{ м};$$

$$S(20) = \frac{158}{3,6} \left[20 - 14,9 (1 - e^{-20/14,9}) \right] = 394,4 \text{ м};$$

$$S(25) = \frac{158}{3,6} \left[25 - 14,9 (1 - e^{-25/14,9}) \right] = 267 \text{ м};$$

$$S(30) = \frac{158}{3,6} \left[30 - 14,9 \left(1 - e^{-30/14,9} \right) \right] = 750,9 \text{ м};$$

$$S(35) = \frac{158}{3,6} \left[35 - 14,9 \left(1 - e^{-35/14,9} \right) \right] = 944 \text{ м};$$

$$S(40) = \frac{158}{3,6} \left[40 - 14,9 \left(1 - e^{-40/14,9} \right) \right] = 1146 \text{ м};$$

$$S(45) = \frac{158}{3,6} \left[45 - 14,9 \left(1 - e^{-45/14,9} \right) \right] = 1353 \text{ м};$$

$$S(50) = \frac{158}{3,6} \left[50 - 14,9 \left(1 - e^{-50/14,9} \right) \right] = 1563 \text{ м};$$

$$S(55) = \frac{158}{3,6} \left[55 - 14,9 \left(1 - e^{-55/14,9} \right) \right] = 1776,5 \text{ м};$$

$$S(60) = \frac{158}{3,6} \left[60 - 14,9 \left(1 - e^{-60/14,9} \right) \right] = 1990 \text{ м}.$$

По данным расчёта заполняется табл. 3 и строится график по точкам (рис. 6).

3. Значения пути и скорости разгона автомобиля АЗЛК-2141 в зависимости от времени

$t, \text{ с}$	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
$V(t),$ км/ч	45,03	77,2	99,8	116,8	128	136,7	142,9	147,2	150,3	152,5	154	155,2
$S(t),$ м	33	119,4	245	393,4	567	750,9	944	1146	1353	1563	1776,5	1990

7.2. РАСЧЁТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБГОНА ПРИ РАЗЛИЧНЫХ СКОРОСТЯХ ОБГОНЯЕМОГО АВТОМОБИЛЯ (50, 60, 70, 80, 90 км/ч)

7.2.1. Расчёт показателей обгона при скорости обгоняемого автомобиля: $V_2 = 50 \text{ км/ч}$

Определим величину t_0 , подставляя различные значения времени в уравнение $\Delta V = V_{\max} \left(1 - e^{-t/T_V} \right) - V_2$, при котором будет выполняться условие $\frac{\Delta V}{V_2} 100\% \leq \pm 1\%$.

В данном случае условие будет выполняться при $t_0 = 5,7 \text{ с}$; тогда

$$\Delta V = 158 \cdot (1 - e^{-5,7/14,9}) - 50 = 0,2 \text{ км/ч};$$

$$\frac{0,2}{50} 100\% = 0,4\% \leq \pm 1\%.$$

Подставим значение t_0 в уравнение (32) и вычислим величину S_0 :

$$S_0 = \frac{158[5,7 - 14,9(1 - e^{-5,7/14,9})]}{3,6} = 42,4 \text{ м.}$$

Начало графика «время–расстояние» ТС₂ соответствует координатам

$$t_{0-2} = t_0 = 5,7 \text{ с;}$$

$$S_{0-2} = S_0 + \sum_{\text{обг}} = S_0 + S_{12} + S_{21} + L_1 + L_2;$$

тогда

$$S_{0-2} = S_0 + \frac{\tau_{12} V_2}{3,6} + \frac{\tau_{21} V_2}{3,6} + L_1 + L_2,$$

$$S_{0-2} = 42,4 + \frac{2 \cdot 50}{3,6} + \frac{1,5 \cdot 50}{3,6} + 4,4 + 10 = 105,4 \text{ м.}$$

Подставляя в уравнение (32) различные значения t , найдём величину t_m (см. рис. 7), удовлетворяющую условию (35) и соответствующую расстоянию обгона $S_{\text{обг}}$.

В данном случае условие (35) будет выполняться при $t_m = 14,3$ с. Подставим значение t_m в уравнение (32). Для этого предварительно найдём величину $\sum_{\text{обг}}$:

$$\sum_{\text{обг}} = S_{0-2} - S_0 = 105,4 - 42,4 = 63 \text{ м;}$$

тогда

$$\Delta S = \left(\frac{158[14,3 - 14,9(1 - e^{-14,3/14,9})]}{3,6} - 42,4 \right) - \left(63 + \frac{50(14,3 - 5,7)}{3,6} \right) = 0,14 \text{ м.}$$

Исходя из уравнения (32), определяется

$$S_{\text{обг}} = \frac{V_{\text{max}} \left[t_m - T_V (1 - e^{-t_m/T_V}) \right]}{3,6} - S_0,$$

$$S_{\text{обг}} = \frac{158 \cdot [14,3 - 14,9 \cdot (1 - e^{-14,3/14,9})]}{3,6} - 42,4 = 181,7 \text{ м.}$$

Рассчитаем относительную погрешность по формуле (35):

$$\frac{0,14}{181,7} \cdot 100\% = 0,08 \leq 1\%.$$

Определим расстояние S_M из формулы (15):

$$S_M = S_{\text{обг}} + S_0 = 181,7 + 42,4 = 224,1 \text{ м.}$$

Из уравнения (26) определим время обгона $t_{\text{обг}}$:

$$t_{\text{обг}} = t_M - t_0 = 14,3 - 5,7 = 8,6 \text{ с.}$$

Рассчитаем значение показателя скорости $ТС_1$ в момент завершения обгона по формуле

$$V_{\text{обг}} = V_{\text{max}} \left(1 - e^{-t_M / T_V} \right),$$

$$V_{\text{обг}} = 158 \cdot \left(1 - e^{-14,3/14,9} \right) = 97,5 \text{ км/ч.}$$

7.2.2. Расчёт показателей незавершённого обгона

Для определения параметров незавершённого обгона используем формулу (32), изменяя величину $\Sigma_{\text{обг}}$ на величину $\Sigma_{\text{н.обг}}$. Подставляя в уравнение (32) различные значения t , найдём величину t_D (см. рис. 7), удовлетворяющую условию (35) и соответствующую расстоянию обгона $S_{\text{обг}}$.

В данном случае условие (32) будет выполняться при $t_D = 11,4$ с. Подставим значение t_D в уравнение

$$S_D = \frac{V_{\text{max}} \left[t_D - T_V \left(1 - e^{-t_D / T_V} \right) \right]}{3,6},$$

$$S_D = \frac{158 \cdot \left[11,4 - 14,9 \cdot \left(1 - e^{-11,4/14,9} \right) \right]}{3,6} = 149,9 \text{ м.}$$

$$V_D = V_{\text{пно}} = V_{\text{max}} \left(1 - e^{-t / T_V} \right),$$

$$V_D = 158 \cdot \left(1 - e^{-11,4/14,9} \right) = 83,4 \text{ км/ч.}$$

Проверяем верность найденных значений по формуле

$$\Delta S = (S_D - S_0) - \left(\sum_{\text{пно}} + \frac{V_2(t_D - t_0)}{3,6} \right), \text{ м}$$

Для этого определим $\sum_{\text{рпо}}$:

$$\sum_{\text{рпо}} = S_{21} = \frac{\tau_{12} V_2}{3,6}, \text{ м};$$

$$\sum_{\text{рпо}} = \frac{2 \cdot 50}{3,6} = 27,8 \text{ м};$$

$$\Delta S = (149,9 - 42,4) - \left(27,8 + \frac{50 \cdot (11,4 - 5,7)}{3,6} \right) = 0,57 \text{ м}.$$

Вычисляем путь торможения S_T , обеспечивающего возврат на свою полосу в случае прекращения обгона:

$$t_T = 6,6 \text{ с},$$

$$S_T = \frac{V_{\text{рпо}} t_T}{3,6} - \frac{j_{\text{max}} t_T^2}{3,6};$$

$$S_T = \frac{83,4 \cdot 6,6}{3,6} - \frac{2,8 \cdot 6,6^2}{3,6} = 91,9 \text{ м};$$

$$\Delta S = S_T - \frac{V_2 t_T}{3,6} - 1 = 91,9 - \frac{50 \cdot 6,6}{3,6} - 1 = -0,77 \text{ м};$$

$$\frac{\Delta S}{S_T} \cdot 100\% = \frac{-0,77}{91,9} \cdot 100\% = 0,84\% \leq \pm 1\%.$$

Найдём значение скорости в момент завершения торможения по формуле

$$V_{3.T} = V_{\text{рпо}} - 3,6 j_{\text{max}} t_T = 83,4 - 3,6 \cdot 2,8 \cdot 6,6 = 16,9 \text{ км/ч}.$$

Определим путь, проходимый автомобилем при возвращении на свою полосу движения, по формуле

$$S_{\text{н.обг}} = S_{\text{рпо}} + S_T + S_{\text{п}}, \text{ км};$$

$$S_{\text{п}} = \frac{t_{\text{п}} V_{3.T}}{3,6} = \frac{2 \cdot 16,9}{3,6} = 9,4 \text{ км};$$

$$S_{\text{н.обг}} = 149,9 + 91,9 + 9,4 = 251,2 \text{ км}.$$

Определим резервы времени и пути:

$$t_{\text{обг}} = t_{\text{м}} - t_0 = 14,3 - 5,7 = 8,6 \text{ с};$$

$$t_{\text{н.обг}} = t_{\text{рпо}} + t_{\text{т}} + t_{\text{п}} = 11,4 + 6,6 + 2 = 20 \text{ с};$$

$$\text{res } t = t_{\text{обг}} - t_{\text{н.обг}} = 8,6 - 20 = -11,4 \text{ с};$$

$$\text{res } S = S_{\text{обг}} - S_{\text{н.обг}} = 181,7 - 251,2 = -69,5 \text{ м}.$$

Далее производим расчёт для скоростей $V_2 = 60, 70, 80$ и 90 км/ч. После чего полученные данные заносим в итоговые таблицы показателей (табл. 4 и 5).

4. Значения S_0 , t_0 , $\Sigma_{\text{обг}}$, $\Sigma_{\text{рпо}}$ от скорости обгоняемого автомобиля

V_2 , км/ч	S_0 , м	t_0 , с	$\Sigma_{\text{обг}}$	$\Sigma_{\text{рпо}}$
60	83	9,2	78,4	33,3
70	121	11,3	88,2	38,9
80	169	13,6	97,8	44,4
90	235	16,4	107,6	50
100	320	19,9	117,4	55,6

5. Значения показателей завершённого и незавершённого обгонов

Завершённый обгон				Незавершённый обгон					
V_2 , км/ч	$V_{\text{обг}}$, км/ч	$T_{\text{обг}}$, с	$S_{\text{обг}}$, м	$V_{\text{рпо}}$, км/ч	$T_{\text{н.обг}}$, с	$S_{\text{н.обг}}$, м	$V_{\text{з.т}}$, км/ч	res t , с	res S , м
60	84,7	5,7	116	79,4	8,2	127	40,6	-2,5	-11
70	92,4	5,8	132	87,6	8,1	151	52,4	-2,3	-19
80	99,8	5,9	148	95,5	7,95	172	64,5	-2,05	-24
90	107,3	5,9	163	103,7	7,85	193	76,3	-1,95	-30
100	114,7	5,95	178	111,7	7,7	211	88,3	-1,75	-33

На основании полученных данных строим график измерения параметров обгона в зависимости от скорости обгоняемого ТС (см. рис. 8). График вычерчивается по точкам полученных показателей для заданных скоростей, выбирая соответствующие масштабы.

На основании анализа зависимостей пути и времени обгона от скорости обгоняемого автомобиля (см. рис. 8) мы можем определить интервалы во встречном потоке, необходимые для выполнения обгона.

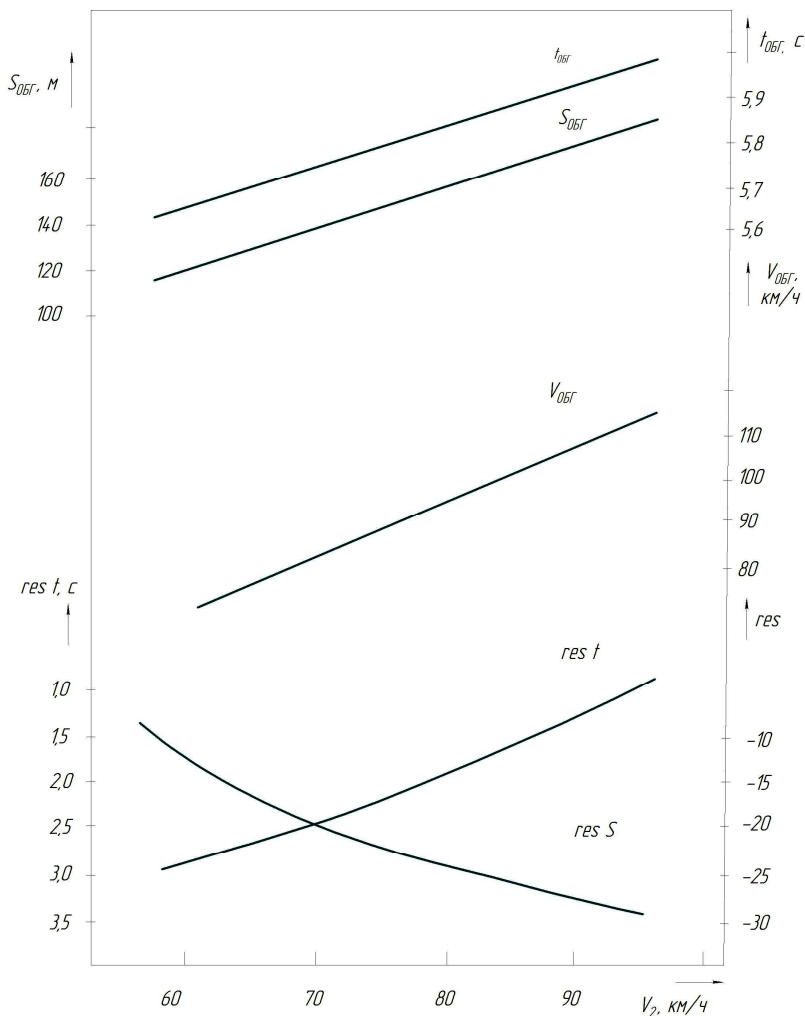


Рис. 8. График измерения параметров обгона в зависимости от скорости обгоняемого транспортного средства

Зависимость скорости завершения обгона от скорости обгоняемого автомобиля показывает, что при обгоне автомобиля, который движется со скоростью более 75 км/ч, при завершении обгона необходимо двигаться со скоростью более 90 км/ч, что превышает разрешённую скорость движения.

Далее анализ резервов времени и пути при прекращении обгона показывает, что в момент, когда обгоняющий автомобиль сравняется с обгоняемым, принимать решение о прекращении обгона уже поздно и, следовательно, надо принимать решение прежде, чем они поравняются. Чем выше скорость обгоняющего автомобиля, тем раньше надо принимать решение.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Фалькевич, Б.С. Теория автомобилей / Б.С. Фалькевич. – М. : Машиностроение, 1963. – 237 с.
2. Антонов, А.С. Армейские автомобили. Теория / А.С. Антонов. – М. : Воениздат, 1970. – 545 с.
3. Яхьяев, Н.Я. Безопасность транспортных средств / Н.Я. Яхьяев. – М. : Академия, 2011. – 432 с.
4. Вахламов, В.К. Автомобили. Теория и конструкция автомобиля и двигателя : учебник / В.К. Вахламов. – 2-е изд., стер. – М. : Академия, 2005. – 816 с.
5. Рябчинский, А.И. Динамика автомобиля и безопасность дорожного движения : учеб. пособие / А.И. Рябчинский, А.А. Токарев, В.З. Русаков. – М. : МАДИ – (ГТУ). 2002. – 131 с.
6. Пеньшин, Н.В. Транспортная инфраструктура в решении проблем конкурентоспособности услуг автомобильного транспорта : монография / Н.В. Пеньшин. – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 112 с.
7. Смольяков, С.В. Основы управления в сфере организации перевозок и безопасности дорожного движения : учеб. пособие / С.В. Смольяков. – Тамбов : Изд-во ТМБпринт, 2011. – 80 с.
8. Гуськов, А.А. Организация и безопасность движения [Электронный ресурс] : метод. указания по выполнению работ (курсовых, дипломных, отчетов по практике) / А.А. Гуськов, В.А. Молодцов. – Электрон. дан. (871 Кб). – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО «ТГТУ», 2010.

9. В.А. Молодцов. Гуськов, А.А. Определение параметров обгона

: метод. указания по выполнению курсовых работ – Тамбов : Изд-во ГОУ ВПО «ТГТУ», 2013.

1. Исходные данные для выполнения курсового проекта

Вариант	Обгоняющее ТС						Обгоняемое ТС		
	Категория ТС	Модель ТС	$V_{\max}$, км/ч	T_0 , с	L_1 , мм	$J_{\max}$ м/с ²	Категория ТС	L_2 , мм	Скорость обгоняемого ТС V_2 , км/ч
1	M_1	ВАЗ-1111	120	16,8	3200	5,7	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
2	M_1	ВАЗ-1113	135	15,8	3200	5,7	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80
3	M_1	ВАЗ-2104	137	14,0	4100	5,7	M_3	11 000	50, 60, 65, 70, 75
4	M_1	ВАЗ-2105	145	15,4	4100	5,7	M_2	5500	50, 60, 70, 80, 90
5	M_1	ВАЗ-2106	150	14,5	4200	5,7	M_1	4500	60, 70, 80, 90, 100
6	M_1	ВАЗ-21099	156	13,1	4000	5,7	N_1	4500	50, 60, 70, 80, 90
7	M_1	ВАЗ-2110	180	13,1	4265	5,8	M_3	7000	50, 60, 70, 80, 90
8	M_1	ВАЗ-2112	185	13,1	4170	5,8	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80
9	M_1	ВАЗ-2121	137	19,0	3720	5,7	N_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
10	M_1	ВАЗ-2170	183	12,0	4350	5,8	M_3	10 000	50, 60, 70, 80, 90
11	M_1	Chevrolet NIVA	140	19,0	4048	5,7	$N_3 + O$	16 000	50, 55, 60, 65, 70
12	M_1	ИЖ-2126	155	15,0	4068	5,8	N_1	4500	50, 60, 70, 80, 90
13	N_2	ИЖ-2717	120	16,1	4400	5,7	M_3	11 000	50, 60, 65, 70, 75
14	M_1	ГАЗ-3102	147	19,0	4960	2,8	M_2	5500	50, 60, 70, 80, 90
15	M_1	ГАЗ-3110	163	13,5	4870	2,8	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80
16	M_1	ЗИЛ-41047	190	13,0	6330	5,8	M_1	4500	60, 70, 80, 90, 100
17	M_1	УАЗ-31514	120	24,0	4025	5,7	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80

Вариант	Обгоняющее ТС						Обгоняемое ТС		
	Категория ТС	Модель ТС	$V_{\text{пакс}}$, км/ч	$T_{\text{в}}$, с	L_1 , мм	$J_{\text{пакс}}$, м/с ²	Категория ТС	L_2 , мм	Скорость обгоняемого ТС V_2 , км/ч
18	M_1	УАЗ-3163	150	20,0	4647	5,7	N_1	4500	50, 60, 70, 80, 90
19	M_3	ПАЗ-32053	85	30,0	7000	5,7	$N_3 + O$	16 000	50, 55, 60, 65, 70
20	M_3	ПАЗ-3206	90	30,0	6925	5,7	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
21	M_3	ЛиАЗ-52565	70	24,0	11400	5,0	N_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
22	M_3	ЛиАЗ-5292	90	24,0	11990	5,0	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
23	M_3	ЛиАЗ-5293	76	24,0	11480	5,0	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
24	M_3	НефАЗ-4208	85	28,7	8535	5,0	N_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
25	M_3	НефАЗ-5299	140	23,5	12750	5,0	N_1	4500	50, 60, 70, 80, 90
26	M_3	MAN Lion's Coach R08	160	25,0	13800	6,0	M_1	4500	60, 70, 80, 90, 100
27	M_3	Mercedes-Benz Travego RHD	150	30,0	13850	6,0	M_3	11 000	50, 60, 65, 70, 75
28	M_3	Volvo 9900	155	28,0	12300	6,2	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80
29	N_1	ГАЗ-3302	115	17,0	5440	5,0	M_3	11 000	50, 60, 65, 70, 75
30	N_1	УАЗ-3303	110	19,0	4500	5,0	M_2	5500	50, 60, 65, 70, 80
31	N_2	ГАЗ-3307	90	29,2	6600	5,0	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
32	M_2	ГАЗ-2752	135	24,0	4900	5,0	N_1	4500	50, 60, 70, 80, 90
33	N_2	ЗИЛ-431410	90	33,7	6700	5,0	$N_3 + O$	16 000	50, 55, 60, 65, 70
34	N_2	ЗИЛ-433110	95	33,0	7600	5,0	M_3	11 000	50, 60, 65, 70, 75

Вариант	Обгоняющее ТС						Обгоняемое ТС		
	Категория ТС	Модель ТС	$V_{\text{пас}}, \text{км/ч}$	$T, \text{с}$	$L_1, \text{мм}$	$J_{\text{пас}}, \text{м/с}^2$	Категория ТС	$L_2, \text{мм}$	Скорость обгоняемого ТС $V_2, \text{км/ч}$
35	N_2	ЗИЛ-131Н	85	40,9	7000	5,0	N_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
36	N_3	МАЗ-533663	120	72,0	8700	5,0	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80
37	N_3	КамАЗ-53212	80	28,8	9800	5,0	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
38	N_3	КамАЗ-5315	100	32,7	8600	5,0	M_3	11 000	50, 60, 65, 70, 75
39	N_3	КамАЗ-43101	85	28,7	7900	5,0	N_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
40	$N_3 + O$	КамАЗ-5315	90	56,4	18000	5,0	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
41	$N_3 + O$	КамАЗ-5410	80	50,5	13000	5,0	$N_3 + O$	16 000	50, 55, 60, 65, 70
42	N_3	УРАЛ-432001	85	32,9	7400	5,0	M_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
43	$N_3 + O$	МАЗ-53363	90	70,0	20000	5,0	N_3	9000	50, 55, 60, 65, 70
44	$N_3 + O$	МАЗ-54322	95	65,5	20000	5,0	M_3	11 000	50, 60, 65, 70, 75
45	$N_3 + O$	МАЗ-54323	100	45,0	20000	5,0	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80
46	$N_3 + O$	МАЗ-53363	93	68,8	19200	5,0	$N_3 + O$	16 000	50, 55, 60, 65, 70
47	M_1	Volkswagen Golf GTI	235	7,2	4216	9,7	M_1	4500	60, 70, 80, 90, 100
48	M_1	Ford Focus ST	241	6,8	4362	9,8	N_2	4500	40, 50, 60, 70, 80
49	M_1	BMW 335i	250	6,0	4580	10,1	M_1	4,5	60, 70, 80, 90, 100
50	M_1	Renault Clio	183	11,3	3985	9,5	M_2	5500	50, 60, 70, 80, 90
51	M_1	Toyota Camry	205	10,2	4815	9,6	N_1	4500	50, 60, 70, 80, 90
52	M_1	Audi A4	218	8,6	4703	10,37	M_1	4500	60, 70, 80, 90, 100
53	M_1	Ford Mondeo	210	9,9	4778	9,0	M_2	5500	50, 60, 70, 80, 90

2П. Классификация транспортных средств категорий М, N, О
(согласно ГОСТ Р 52051–2003
«Механические транспортные средства и прицепы.
Классификация и определения»)

Категория М

*механические транспортные средства, имеющие не менее четырёх колёс
и используемые для перевозки пассажиров*

<i>M₁</i>	Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров и имеющие, помимо места водителя, не более восьми мест для сидения
<i>M₂</i>	Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие, помимо места водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса которых не превышает 5 т
<i>M₃</i>	Транспортные средства, используемые для перевозки пассажиров, имеющие, помимо места водителя, более восьми мест для сидения, максимальная масса которых превышает 5 т

Категория N

*механические транспортные средства, имеющие не менее четырёх колёс
и предназначенные для перевозки грузов*

<i>N₁</i>	Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу не более 3,5 т
<i>N₂</i>	Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу свыше 3,5 т, но не более 12 т
<i>N₃</i>	Транспортные средства, предназначенные для перевозки грузов, имеющие максимальную массу более 12 т

Категория О

прицепы (включая полуприцепы)

<i>O₁</i>	Прицепы, максимальная масса которых не более 0,75 т
<i>O₂</i>	Прицепы, максимальная масса которых свыше 0,75 т, но не более 3,5 т
<i>O₃</i>	Прицепы, максимальная масса которых свыше 3,5 т, но не более 10 т
<i>O₄</i>	Прицепы, максимальная масса которых более 10 т