

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛОРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра "Организация автомобильных перевозок
и дорожного движения"

ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовой работе по дисциплине
"Безопасность транспортных средств"
для студентов специальности
1-44 01 02 "Организация дорожного движения"

Минск 2004

УДК 629.113.073.27

Методические указания содержат вопросы программы дисциплины "Безопасность транспортных средств", а также задания на курсовую работу и методику ее выполнения.

Составители:

Д.В. Капский, А.Д. Лукьянчук

Рецензенты:

Г.А. Дыко, Б.У. Бусел

© Капский Д.В., Лукьянчук А.Д.,
составление, 2004

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Непрерывный рост автомобильного парка страны, повышение интенсивности движения на автомобильном транспорте, неудовлетворительное состояние дорожной сети в сочетании с увеличением числа автомобилей для индивидуального пользования, а также существенные недостатки в организации движения и обеспечении профессионального уровня и дисциплины водителей и пешеходов служат основными причинами дорожно-транспортных происшествий. Уровень безопасности транспортных средств в большой степени определяет безопасность дорожного движения в целом.

Цель данной дисциплины – формирование четкого представления о конструктивных и эксплуатационных факторах, определяющих безопасность транспортных средств как основного элемента системы "человек – автомобиль – дорога – среда" и путях повышения безопасности движения путем совершенствования конструкции и условий эксплуатации автомобилей.

Дисциплина "Безопасность транспортных средств" является одной из профилирующих для специализации 1-44 01 02 "Организация дорожного движения". Она базируется на знании общенаучных специальных дисциплин: "Транспортные средства и их эксплуатационные качества", "Теоретическая механика", "Прикладная механика" и др.

Лекционные занятия

1.1. Введение

Цели и задачи дисциплины. Аварийность на автомобильном транспорте и ее причины. Конструктивная безопасность транспортных средств и ее роль в проблеме безопасности дорожного движения. Классификация свойств транспортных средств, влияющих на безопасность движения (активная, пассивная, по-

слеаварийная и экологическая безопасность транспортных средств). Отечественные и международные документы, регламентирующие требования к конструктивной безопасности.

1.2. Основные эксплуатационные свойства автомобиля

Автомобиль – основной элемент транспортного потока. Необходимость комплексной оценки безопасности автомобиля. Эксплуатационные свойства, определяющие его безопасность. Измерители и показатели эксплуатационных свойств.

1.3. Общие компоновочные параметры автомобиля

Геометрические и компоновочные параметры автомобиля, их влияние на безопасность движения. Весовые параметры автомобиля, их влияние на безопасность движения и срок службы дорожного покрытия.

1.4. Динамические качества автомобиля

Тяговая динамика автомобиля, ее значение для безопасности движения. Измерители и показатели тяговой динамики. Максимальная скорость и ускорение автомобиля. Обгон автомобиля, время и путь обгона. Завершенный и незавершенный обгоны. Тормозная динамика автомобиля и ее значение для безопасности движения. Измерители и показатели тормозной динамики. Максимальное замедление, тормозной и остановочный путь автомобиля. Нормативы тормозной динамики. Распределение тормозных сил между осями. Автоматическое регулирование тормозных сил автомобиля. Противоблокировочные системы. Влияние технического состояния тормозной системы на безопасность движения. Пути повышения тяговой и тормозной динамики автомобиля.

1.5. Устойчивость, управляемость и плавность хода автомобиля

Устойчивость автомобиля и ее значение для безопасности движения. Измерители и показатели устойчивости. Критические скорости по условиям заноса и опрокидывания. Управляемость автомобиля и ее значение для безопасности. Измерители и показатели управляемости автомобиля. Критические скорости по условиям увода и управляемости автомобиля. Плавность хода автомобиля и ее значение для безопасности. Измерители и показатели плавности хода. Условия отрыва колес от поверхности дороги. Пути повышения устойчивости, управляемости и плавности хода.

1.6. Автомобильные шины

Основные конструктивные параметры шин влияющие на активную безопасность автомобиля. Изменение эксплуатационных свойств шин в процессе эксплуатации. Конструктивные мероприятия, повышающие безопасность шин. Применение шипов противоскольжения. Пути совершенствования автомобильных шин.

1.7. Информативность автомобиля

Источники и приемники информации в системе "водитель-автомобиль-дорога". Информативность как элемент активной безопасности автомобиля. Внешняя информативность автомобиля. Кузов как элемент внешней информативности. Световозвращатели. Система автономного освещения автомобиля. Видимость дороги и объектов на ней. Фары дальнего света, ближнего света, скоростного света, широкоугольно-противотуманного света. Фары ближнего света с европейской и американской системой светораспределения. Система внешней

световой сигнализации. Пути совершенствования светосигнальных приборов. Влияние технического состояния автомобиля на его информативность. Внутренняя информативность автомобиля. Панель приборов. Звуковые сигнализаторы, несущая волна. Обзорность автомобиля. Методы определения обзорности. Требования к обзорности с места водителя. Требования к зеркалам заднего вида. Система очистки и обдува стекол автомобиля.

1.8. Рабочее место водителя

Сиденье водителя. Удобство посадки и его влияние на работоспособность и утомляемость водителя. Требования к конструкции сиденья. Органы управления автомобилем. Требования к органам управления. Влияние характеристик органов управления на работоспособность и утомляемость водителя. Микроклимат рабочего места водителя. Температура, влажность, загазованность, шумы и вибрация на рабочем месте водителя. Влияние технического состояния автомобиля на условия труда водителя.

1.9. Пассивная безопасность автомобиля

Пассивная безопасность автомобиля, ее измерители и показатели. Первичный, вторичный и третичный удары. Величины перегрузок действующих на водителя и пассажиров при ДТП. Классификация систем пассивной безопасности. Классификация ДТП. Внутренняя пассивная безопасность автомобиля. Источники травм водителя и пассажиров. Устранение травмоопасных деталей интерьера. Безопасные рулевые колеса и колонки. Ограничение перемещения груза. Снижение нагрузок и ограничение перемещений водителя и пассажиров. Ремни безопасности, подушки безопасности, безопасные сиденья. Внешняя пассивная безопасность автомобиля. Влияние типа

автомобиля и формы кузова на тяжесть травмирования пешеходов. Конструктивные мероприятия по повышению внешней пассивной безопасности автомобиля. Энергопоглощающие бамперы и устройства снижающие тяжесть травмирования пешеходов при ДТП. Испытание автомобилей по определению ударно-прочностных свойств кузовов и кабин.

1.10. Послеаварийная безопасность автомобиля

Опасные явления, возникающие после ДТП. Эвакуация людей из автомобиля после ДТП. Противопожарная безопасность автомобиля. Пути повышения пожарной безопасности автомобиля. Нормы послеаварийной безопасности.

1.11. Экологическая безопасность автомобиля

Влияние автомобилизации на окружающую среду. Токсичность отработавших газов двигателя. Методы уменьшения загрязнения окружающей среды. Шум автомобиля и его источники. Основные направления борьбы с шумом.

1.12. Примерный перечень практических занятий

Определение обзорности автомобиля.

Изучение Правил ЕЭК ООН.

Изучение требований Конвенции о дорожном движении к системам автомобиля.

Изучение требований СЕМТ/ЕСМТ к безопасности автомобиля,

1.13. Примерный перечень лабораторных занятий

Определение показателей тормозной динамики автомобиля.

Определение токсичности отработавших газов автомобиля.

Измерение внешнего шума автомобиля.

Методы испытаний дверных замков на пассивную безопасность.

Испытание автомобиля на устойчивость и управляемость.

Изучение характеристик ремней безопасности.

Определение параметров рабочего места водителя.

1.14. Самостоятельная работа студентов

Курсовая работа "Оценка конструктивной безопасности автотранспортных средств" предположительно включает разработку следующих вопросов:

– определение параметров активной безопасности автотранспортных средств;

– оценка показателей пассивной безопасности автотранспортных средств и т.д.

2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ

Целью курсовой работы является приобретение практических навыков в определении эксплуатационных качеств автомобиля, непосредственно влияющих на его конструктивную безопасность.

Курсовая работа выполняется в соответствии с заданием и методическими указаниями. Она включает расчетно-пояснительную записку объемом 15-20 страниц формата А4 и графическую часть 1 лист формата А1.

Расчетно-пояснительная записка должна содержать обложку, титульный лист, задание на курсовое проектирование, содержание, введение, основную расчетно-пояснительную часть, заключение, список использованной литературы и должна быть выполнена в соответствии с ГОСТ 7.32.

Задание на курсовое проектирование

2.1. Задание на курсовую работу, подписанное руководителем и утвержденное заведующим кафедрой, выдается индивидуально каждому студенту на бланке установленного образца.

2.2. В задании указывается марка исследуемого автомобиля и перечень подлежащих разработке вопросов.

2.3. При получении задания студент в нем расписывается и указывает дату получения.

3. ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ

3.1. Привести техническую характеристику исследуемого транспортного средства.

3.2. Определить тягово-скоростные свойства автомобиля.

3.2.1. Построить внешнюю скоростную характеристику двигателя.

3.2.2. Построить тяговую диаграмму автомобиля.

3.3. Рассчитать параметры торможения автомобиля.

3.3.1. Определить остановочный путь и время автомобиля в порожнем и загруженном состоянии.

3.3.2. Определить замедление автомобиля с полной нагрузкой на подъеме и на уклоне.

3.3.4. Рассчитать показатели тормозной динамики и построить их график.

3.4. Определить показатели устойчивости и управляемости автомобиля.

3.4.1. Определить критические скорости движения автомобиля на повороте по условиям заноса и опрокидывания.

3.4.2. Определить время, в течение которого центробежная сила, действующая на автомобиль на повороте, увеличится до опасного предела.

3.4.3. Определить критические углы косогора по условиям бокового скольжения и опрокидывания.

3.4.4. Определить критическую скорость автомобиля по условиям управляемости.

3.5. Определить динамический коридор автомобиля при прямолинейном движении и на повороте.

3.6. Определить расстояние до препятствия, на протяжении которого, водитель сможет совершить маневр отворота.

3.7. Определить путь и время обгона, сочетаемого с разгоном.

3.8. Определение параметров регулирования фар ближнего света.

3.8.1. Определение дальности видимости в свете фар ближнего света.

3.8.2. Определение максимальной скорости движения автомобиля по условиям видимости пешехода.

3.8.3. Определение возможности ослепления водителя встречного автомобиля.

3.9. Сделать заключение по проделанной работе.

4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

4.1. Определение тягово-скоростных свойств автомобиля

4.1.1. Внешняя скоростная характеристика двигателя

Внешняя скоростная характеристика двигателя – это зависимость мощности двигателя (N_e) и крутящего момента (M_e) от частоты вращения коленчатого вала (ω).

Для построения внешней скоростной характеристики необходимо определить значения величины крутящего момента и мощности двигателя при работе двигателя с разной угловой скоростью коленчатого вала.

Для определения крутящего момента используем эмпирическую формулу:

$$M_{ei} = \frac{N_{e\max}}{\omega_N} \left[a_M + b_M \cdot \frac{\omega_i}{\omega_N} - c_M \cdot \left(\frac{\omega_i}{\omega_N} \right)^2 \right], \text{ Нм},$$

где ω_N – угловая скорость коленчатого вала при максимальной мощности, с^{-1} ;

ω_i – текущее значение угловой скорости коленчатого вала, с^{-1} ;

a_M, b_M, c_M – эмпирические коэффициенты, зависящие от типа двигателя;

для бензиновых двигателей $a_M = 1; b_M = 1; c_M = 1$;

для дизельных двигателей $a_M = 0,53; b_M = 1,56; c_M = -1,09$;

$N_{e\max}$ – максимальная мощность двигателя, кВт.

Для нахождения мощности двигателя при определенной угловой скорости коленчатого вала используем формулу:

$$N_{ei} = M_{ei} \cdot \omega_i, \text{ кВт}.$$

4.1.2. Тяговая диаграмма автомобиля

Тяговая диаграмма автомобиля представляет собой график изменения тяговых сил на ведущих колесах автомобиля на всех передачах переднего хода в зависимости от скорости движения.

Расчет тяговых сил производится по формуле

$$P_{Ti} = \frac{M_{ei} \cdot U_k \cdot U_{pk} \cdot U_0 \cdot \eta_{TP}}{r_k}, \text{ Н},$$

где U_k – передаточное число коробки передач;

U_{pk} – передаточное число раздаточной коробки;

U_0 – передаточное число главной передачи;

η_{TP} – коэффициент полезного действия трансмиссии;

r_k – радиус качения ведущего колеса.

Расчет крутящего момента и мощности двигателя, а также расчет тяговых сил автомобиля производится на ЭВМ по программе, разработанной на кафедре «Организация автомобильных перевозок и дорожного движения»

Для расчета на ЭВМ и выполнения других разделов работы необходимо подготовить исходные данные, перечень которых приведен в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные
(марка исследуемого автомобиля)

№ пп	Параметры	Услов. обозн.	Един. измер.	Значение параметра
1	2	3	4	5
1	Максимальная мощность двигателя	$N_{e\max}$	кВт	
2	Частота вращения коленчатого вала при максимальной мощности	n	мин ⁻¹	
3	Число передач переднего хода			
4	Передаточные числа коробки передач	U_k		1-я передача 2-я передача и т.д.
5	Передаточное число трансмиссии (кроме КП)	U_{mp}		
6	Радиус качения ведущего колеса	r_k	м	
7	Снаряженная масса автомобиля, в том числе: масса, приходящаяся на переднюю ось масса, приходящаяся на заднюю ось	M_c	кг	
8	Полная масса автомобиля, в том числе: масса, приходящаяся на переднюю ось масса, приходящаяся на заднюю ось	M_n	кг	
9	Габаритная длина автомобиля	L_a	м	
10	Габаритная ширина автомобиля	B_a	м	

11	База	L	м	
----	------	-----	---	--

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5
12	Колея	B	м	
13	Передний свес	C	м	
14	КПД трансмиссии	$\eta_{тп}$		
15	Лобовая площадь	F_b	м ²	
16	Коэффициент сопротивления качению	f		
17	Коэффициент обтекаемости	K_b	Нс ² /м ⁴	
18	Высота центра тяжести: с нагрузкой без нагрузки	h_y	м	
19	Параметры экрана для регулировки фар: расстояние между центрами фар высота центра фар смещение светового пучка фар	l h e	м м м	
20	Жесткость подвески: передней задней	C_{n1} C_{n2}	Н/м Н/м	

Значения параметров № 1-13 берутся из «Краткого автомобильного справочника НИИАТ».

Значение параметра №14 «КПД трансмиссии» выбирается в зависимости от типа автомобиля:

- а) для легковых автомобилей $\eta_{тп} = 0,90-0,92$;
- б) для грузовых автомобилей и автобусов $\eta_{тп} = 0,85-0,90$;
- в) для полноприводных автомобилей $\eta_{тп} = 0,80-0,85$.

Значение параметра №15 «Лобовая площадь» определяется следующим образом:

- а) для легковых автомобилей $F_b = 0,78 B_a H_a$;
- б) для грузовых автомобилей и автобусов $F_b = B H_a$.

Значения параметров №16-20 даются руководителем при выдаче задания на курсовое проектирование.

По данным расчета на ЭВМ строятся внешняя скоростная характеристика двигателя и тяговая диаграмма автомобиля.

Распечатка результатов расчета на ЭВМ должна быть

вставлена в расчетно-пояснительную записку.

На тяговой диаграмме необходимо построить кривую суммарного сопротивления движению автомобиля при движении по горизонтальной дороге. Для этого следует рассчитать силы сопротивления качению и воздуха в диапазоне скоростей от 0 до 90 км/ч для легковых автомобилей и от 0 до 70 км/ч для грузовых автомобилей через каждые 10 км/ч.

Расчет силы сопротивления качению производим по следующей формуле:

$$P_k = f \cdot G, \text{ Н},$$

где f – коэффициент сопротивления качению;

G – вес автомобиля, Н.

При скорости более 15 м/с (55 км/ч) коэффициент сопротивления качению определяется по следующей зависимости:

$$f = f_0 \left(1 + \frac{V^2}{1500} \right),$$

где f_0 – коэффициент сопротивления качению при скорости движения до 15 м/с (55 км/ч).

Расчет силы сопротивления воздуха производится по следующей формуле:

$$P_B = K_B \cdot F_B \cdot V^2, \text{ Н},$$

где K_B – коэффициент сопротивления воздуха или коэффициент обтекаемости, Нс²/м⁴;

F_B – лобовая площадь автомобиля, м².

Результаты расчета сил сопротивления движению автомобиля целесообразно свести в таблицу по следующей форме:

Таблица 2

Расчет сил сопротивления движению

Скорость автомобиля	км/ч	10	20	30	40	50	60	70
	м/с	2,77	5,55	8,33	11,11	13,88	16,67	19,44
P_k , Н								
P_b , Н								
$P_k + P_b$, Н								

4.2. Расчет параметров торможения автомобиля**4.2.1. Определение остановочного времени автомобиля с полной нагрузкой и без нагрузки**

Остановочное время автомобиля определяется по следующей формуле:

$$t_0 = t_p + t_c + 0,5 \cdot t_n + \frac{k_3 V_0}{g \varphi_x}, \text{ с,}$$

где t_p – время реакции водителя, с;

t_c – время срабатывания тормозной системы, с;

t_n – время нарастания замедления, с;

k_3 – коэффициент эффективности торможения;

V_0 – скорость автомобиля непосредственно перед началом торможения, м/с;

φ_x – коэффициент сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги;

g – ускорение свободного падения;

t_p принимаем равным 0,8 с;

t_c для автомобилей с гидравлическим приводом тормозов 0,2 – 0,3 с, для автомобилей с пневматическим приводом тормозов 0,6 – 0,8 с;

t_n рассчитывается по формуле:

$$t_n = \frac{G(b + \varphi_x \cdot h_u)}{k_1 \cdot L} \cdot \varphi_x, \text{ с},$$

где G – вес автомобиля с данной нагрузкой, Н;

b – расстояние от задней оси автомобиля до центра тяжести, м;

h_u – расстояние от центра тяжести автомобиля до поверхности дороги, м;

k_1 – скорость нарастания тормозных сил, кН/с;

L – база автомобиля, м.

Расстояние от задней оси автомобиля до центра тяжести рассчитывается по формуле:

$$b = \frac{M_1}{M} \cdot L, \text{ м},$$

где M_1 – масса автомобиля, приходящаяся на переднюю ось, кг;

M – масса всего автомобиля с данной нагрузкой, кг;

k_1 выбирается в зависимости от типа тормозной системы:

для автомобилей с гидравлическим приводом тормозов
 $k_1 = 15 - 30$ кН/с;

для автомобилей с пневматическим приводом тормозов
 $k_1 = 25 - 100$ кН/с.

k_2 выбирается в зависимости от типа автомобиля и его весового состояния из следующей таблицы.

Значения коэффициентов эффективности торможения

Тип автомобиля	Коэффициент эффективности торможения k_3	
	без нагрузки	с полной нагрузкой
Легковые автомобили	1,10 – 1,15	1,15 – 1,20
Грузовые массой до 10 т и автобусы длиной до 7,5 м	1,10 – 1,30	1,50 – 1,60
Грузовые массой более 10 т и автобусы длиннее 10 м	1,40 – 1,60	1,60 – 1,80

При расчетах принимаем:

а) автомобиль до торможения движется с постоянной скоростью, равной 40 км/ч ($V_0 = 11,11$ м/с);

б) коэффициент сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги $\varphi_x = 0,6$.

Расчеты вести для автомобиля без нагрузки и с полной нагрузкой.

4.2.2. Определение остановочного пути автомобиля с полной нагрузкой и без нагрузки

Определение остановочного пути автомобиля производим по следующей формуле:

$$S_0 = (t_p + t_c + 0,5 \cdot t_H) \cdot V_0 + \frac{k_3 V_0^2}{2g\varphi_x}, \text{ м,}$$

При расчетах использовать те же исходные данные, что и при определении остановочного времени автомобиля.

4.2.3. Определение замедления автомобиля с полной нагрузкой на уклоне и на подъеме

При торможении автомобиля на уклоне или на подъеме сила его инерции уравнивается алгебраической суммой тормозной силы и силы сопротивления подъему. При движении на подъем эти силы складываются, а на уклоне – вычитаются:

$$P_T \pm P_{II} = M \cdot j_3, \text{ Н.}$$

Отсюда замедление автомобиля на уклоне или подъеме

$$j_3 = \frac{P_T \pm P_{II}}{M}, \text{ м/с}^2,$$

где P_T – тормозная сила, Н;

P_{II} – сила сопротивления подъему, Н;

M – масса автомобиля, кг.

Сила тяги и сила сопротивления подъему рассчитываются по следующим формулам:

$$P_T = G \cdot \varphi_x \cdot \cos \alpha, \text{ Н;}$$

$$P_{II} = G \cdot \sin \alpha, \text{ Н,}$$

где α – угол подъема (уклона) дороги;

G – вес автомобиля, Н;

φ_x – коэффициент сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги.

Конечная формула для расчета замедления автомобиля на уклоне и подъеме будет иметь следующий вид:

$$j_3 = \left(\frac{\varphi_x \cdot \cos \alpha}{k_3} \pm \sin \alpha \right) \cdot g, \text{ м/с}^2.$$

Замедление автомобиля необходимо определять при углах подъема (уклона) $\alpha = 0,05$ радиана.

4.2.4. Построение графика показателей тормозной динамики

Для построения графика показателей тормозной динамики необходимо определить значения тормозного пути, времени торможения и замедления для автомобиля с полной нагрузкой и без нагрузки.

Для этого используем следующие формулы:

$$j_3 = \frac{g\varphi_x}{k_3}, \text{ м/с}^2;$$

$$t_T = t_c + 0,5 \cdot t_n + \frac{k_3 V_0}{g\varphi_x}, \text{ с};$$

$$S_T = (t_c + 0,5 \cdot t_n) \cdot V_0 + \frac{k_3 V_0^2}{2g\varphi_x}, \text{ м}.$$

Расчет производится для диапазона скоростей движения автомобиля от 0 до 90 км/ч для легковых автомобилей и от 0 до 70 км/ч для грузовых автомобилей через 10 км/ч.

Результаты расчета необходимо свести в таблицу (табл. 4).

Таблица 4

Показатели тормозной динамики автомобиля

Скорость		Автомобиль с полной нагрузкой			Автомобиль без нагрузки		
		$j, \text{ м/с}^2$	$S_T, \text{ м}$	$t_T, \text{ с}$	$j, \text{ м/с}^2$	$S_T, \text{ м}$	$t_T, \text{ с}$
км/ч	м/с	3	4	5	6	7	8
0	0						
10	2,77						

1	2	3	4	5	6	7	8
20	5,55						
30	8,33						
40	11,11						
50	13,88						
60	16,67						
70	19,44						

4.3. Определение показателей устойчивости и управляемости автомобиля

4.3.1. Определение критической скорости автомобиля по опрокидыванию

Критическая скорость по опрокидыванию (V_{opr}) определяется по формуле:

$$V_{opr} = \sqrt{\frac{gRB}{2 \cdot h_{ц}}}, \text{ м/с,}$$

где R – радиус поворота, м;

B – передняя колея автомобиля, м;

$h_{ц}$ – высота центра тяжести автомобиля, м.

Расчет следует вести для полностью груженого и порожнего автомобиля при радиусе поворота $R = 50$ м.

4.3.2. Определение критической скорости автомобиля по условиям заноса

Критическая скорость по заносу ($V_{заноса}$) определяется по формуле:

$$V_{заноса} = \sqrt{g \cdot R \cdot \varphi_y}, \text{ м/с,}$$

где φ_y – коэффициент поперечного сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги.

Расчет необходимо вести при радиусе поворота $R = 150$ м, $\varphi_y = 0,6$ и $\varphi_y = 0,2$.

4.3.3. Определение времени, в течение которого центробежная сила увеличится до опасного предела

При движении автомобиля на повороте на него действует поперечная составляющая центробежной силы и сила, действующая на переднюю часть автомобиля, которая вызвана поворотом управляемых колес.

Суммарная сила, действующая на автомобиль будет равна:

$$P_{\text{сум.}} = P_y + P'_y = \frac{M \cdot V^2 \cdot \theta}{L} + \frac{M \cdot b \cdot V \cdot \omega_{y.к.}}{L} = \frac{M \cdot V}{L} (V \cdot \theta + b \cdot \omega_{y.к.}), \text{ Н,}$$

где $\omega_{y.к.}$ – угловая скорость поворота управляемых колес.

Расчет произведем при условии, что управляемые колеса поворачиваются с постоянной угловой скоростью.

Угол поворота управляемых колес: $\theta = \omega_{y.к.} \cdot t$.

Предельное значение суммарной силы, при которой автомобиль на повороте будет двигаться без бокового скольжения, не должно превышать силы поперечного сцепления колес с дорогой:

$$P_{\text{сум}} \leq G \varphi_y, \text{ Н.}$$

Тогда, подставив в исходную формулу значение $P_{\text{сум}}$, получим:

$$\frac{M \cdot V}{L} (V \cdot t \cdot \omega_{y.к.} + b \cdot \omega_{y.к.}) = G \cdot \varphi_y = M \cdot g \cdot \varphi$$

или

$$V \cdot t + b = \frac{g \cdot \varphi_y \cdot L}{\omega_{y.к.} \cdot V}.$$

Отсюда получим

$$t = \frac{g \cdot \varphi_y \cdot L - b \cdot \omega_{y.к.}}{V^2 \cdot \omega_{y.к.}}, \text{ с.}$$

Расчет следует вести для автомобиля с полной нагрузкой и без нагрузки при следующих исходных данных: $\varphi_y = 0,6$ и $\varphi_y = 0,2$;

$$V = 60 \text{ км/ч} = 16,7 \text{ м/с}; \omega_{y.к.} = 0,1 \text{ рад/с} = 0,016 \text{ с}^{-1}.$$

4.3.4. Определение критического угла косогора по опрокидыванию автомобиля

Критический угол косогора по опрокидыванию автомобиля ($\beta_{опр}$) определяется по формуле

$$\beta_{опр} = \text{arctg} \frac{B}{2 \cdot h_u}, \text{ рад.}$$

Расчет производить для автомобиля с полной нагрузкой и без нагрузки.

4.3.5. Определение критического угла косогора по условию бокового скольжения

Критический угол косогора по условию бокового скольжения ($\beta_{ск}$) определяется по формуле

$$\beta_{ск} = \text{arctg} \varphi_y, \text{ рад.}$$

Расчет произведем для значений коэффициента сцепления колес автомобиля с поверхностью дороги $\varphi_y = 0,6$ и $\varphi_y = 0,2$.

4.3.6. Определение критической скорости автомобиля по условиям управляемости

Для определения критической скорости автомобиля по условиям управляемости (V_{ynp}) используем формулу

$$V_{ynp} = \sqrt{\left(\frac{\sqrt{\varphi^2 - f^2}}{tg\theta} - f \right) \cdot g \cdot L \cdot \cos\theta}, \text{ м/с,}$$

где θ – угол поворота управляемых колес автомобиля, определяется как

$$\theta = \arctg \frac{L}{R}, \text{ рад.}$$

Расчет необходимо вести для $\varphi = 0,2$, $R = 125$ м и $f = 0,02$.

4.4. Определение динамического коридора автомобиля

4.4.1. Определение динамического коридора автомобиля при прямолинейном движении

Динамический коридор автомобиля при прямолинейном движении рассчитывается по следующей эмпирической формуле:

$$B_{\kappa} = 0,054 \cdot V + B_a + 0,3, \text{ м,}$$

где B_a – габаритная ширина автомобиля, м.

Динамический коридор определяется для диапазона скоростей движения автомобиля от 30 до 90 км/ч для легковых авто-

мобилей и от 30 до 70 км/ч для грузовых автомобилей через 10 км/ч.

Результаты расчета сводятся в таблицу (табл. 5).

Таблица 5

Динамический коридор автомобиля

Скорость автомобиля	км/ч	30	40	50	60	70
	м/с	8,33	11,11	13,88	16,67	19,44
B_k , м						

**4.4.2. Определение динамического коридора
одинокного автомобиля на повороте**

Динамический коридор однокного автомобиля при движении на повороте определяется по следующей зависимости:

$$B_k = R_n - \sqrt{R_n^2 - (L + C)^2} + B_a, \text{ м},$$

где R_n – наружный габаритный радиус поворота автомобиля, м;
 C – передний свес автомобиля, м.

Расчет ведем для $R_n = 50$ м.

**4.4.3. Определение динамического коридора автомобиля
с прицепом на повороте**

Динамический коридор при движении автомобиля с прицепом на повороте больше, чем у однокного автомобиля за счет смещения задней оси прицепа относительно задней оси тягача, и определяется по следующей формуле:

$$B_k = R_n - \sqrt{R_n^2 - (L + C)^2} + B_a + C_k, \text{ м},$$

где C_k – смещение середины задней оси прицепа относительно середины задней оси тягача.

Расчет проводить для $R_n = 50$ м и $C_k = 0,7 - 1,0$ м.

**4.5. Определение расстояния до препятствия,
на протяжении которого водитель сможет совершить
маневр отворота**

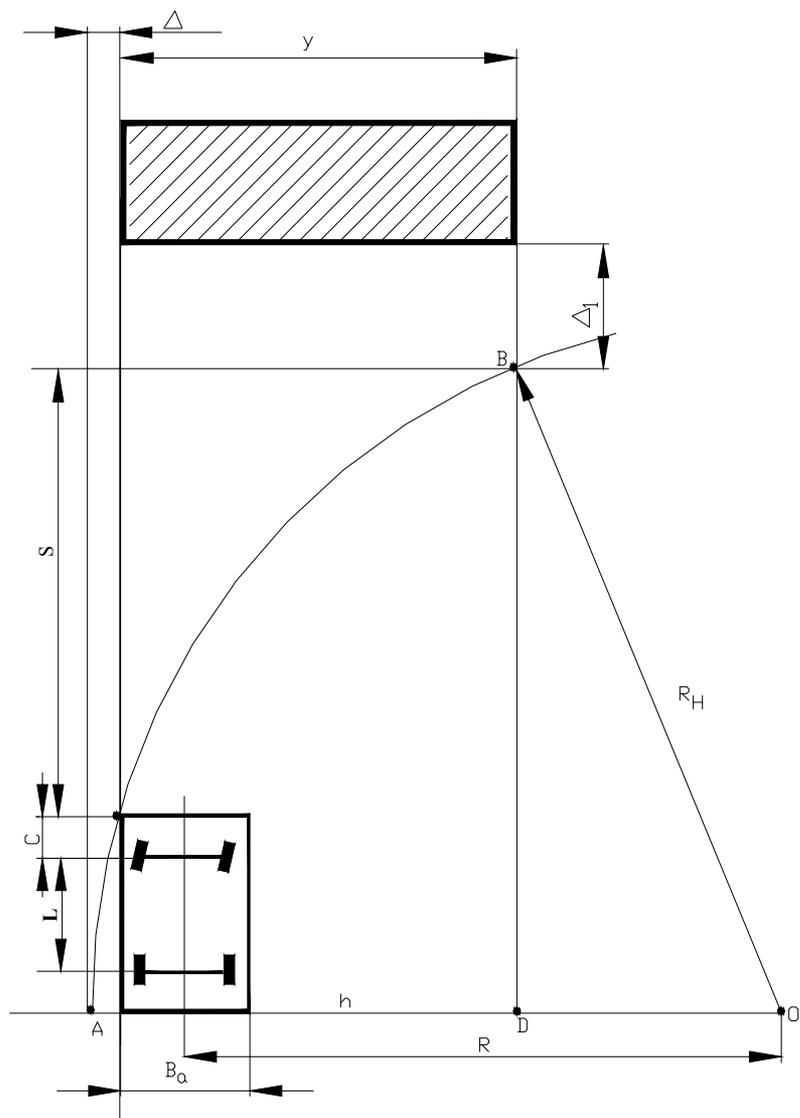


Рис. 1. Схема маневрирования автомобиля

Как видно из рисунка, расстояние от передней части автомобиля до препятствия будет равно $S = BD - (L + C)$.

Из прямоугольного треугольника OBD находим $BD =$

$$= \sqrt{OB^2 - OD^2}.$$

Так как $AO = BO = R_n$, а AD обозначим как h , то можно записать: $OD = AO - AD = R_n - h$.

$h = AD$ найдем как $Y + \Delta$, где Y – ширина препятствия.

Δ можно определить как разность между шириной динамического коридора автомобиля на повороте и его габаритной шириной: $\Delta = B_k - B_a$, или $\Delta = R_n - \sqrt{R_n^2 - (L+C)^2}$.

Тогда выражение для определения BD будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} BD &= \sqrt{R_n^2 - (R_n - h)^2} = \sqrt{R_n^2 - R_n^2 + 2hR_n - h^2} = \\ &= \sqrt{2hR_n - h^2}. \end{aligned}$$

С учетом изложенного, расстояние до препятствия будет равно

$$S = \sqrt{2hR_n - h^2} - (L + C).$$

В общем случае для того, чтобы водитель мог осуществить маневр отворота, необходимо, чтобы расстояние до препятствия было следующим:

$$S = (t_p + t_1 + t) \cdot V + \sqrt{2R_n h - h^2} - (L + C) + \Delta_1, \text{ м,}$$

где t_p – время реакции водителя, с;

t_1 – время срабатывания рулевого привода, с;

t – время вывода автомобиля на траекторию постоянного радиуса R , с;

Δ_1 – интервал безопасности между левым краем переднего бампера автомобиля и препятствием, м.

Время реакции водителя t_p принимается 0,8 с.

Время срабатывания рулевого привода в зависимости от типа автомобиля:

а) для легковых автомобилей $t_l = 0,1 - 0,2$ с;

б) для грузовых автомобилей и автобусов $t_l = 0,3 - 0,4$ с.

Время вывода автомобиля на траекторию постоянного радиуса R определяется из выражения

$$t = \frac{\theta_m}{\omega_{y.k.}}, \text{ с,}$$

где θ_m - угол поворота управляемых колес автомобиля, обеспечивающий движение по траектории постоянного радиуса R , определяется из выражения

$$\theta = \text{arctg} \frac{L}{R}, \text{ рад.}$$

Из схемы маневрирования автомобиля $R = R_n - \Delta - 0,5 B_a$.

Расчет производится при следующих исходных данных: $V = 60$ км/ч; $Y = 6$ м; $R_n = 60$ м – для легковых автомобилей, $R_n = 70$ м – для грузовых автомобилей и автобусов; $\omega_{y.k.} = 0,1$ рад/с; $\Delta_1 = 0,5$ м.

4.6. Определение пути и времени обгона с ускорением

Для определения пути и времени обгона с ускорением, т.е. сочетаемого с разгоном, необходимо построить график интенсивности разгона обгоняющего автомобиля, характеризующий зависимость между путем и временем разгона автомобиля при ускоренном движении. Для построения этого графика следует рассчитать время и путь разгона автомобиля и построить соответствующие графики.

Будем считать, что процесс обгона с ускорением происходит на высшей ступени коробки передач. Для расчета пути и времени разгона автомобиля воспользуемся данными ускорения

автомобиля на высшей передаче, приведенными в крайней правой графе распечатки результатов тягового расчета на ЭВМ.

Для построения графика времени разгона необходимо определить время разгона в каждом интервале скоростей движения, считая, что в пределах интервала автомобиль движется с постоянным ускорением, равным

$$j_{cp_i} = \frac{j_i + j_{i+1}}{2}, \text{ м/с}^2.$$

Тогда время разгона от скорости V_i до скорости V_{i+1}

$$\Delta t_i = \frac{V_{i+1} - V_i}{j_{cp_i}} = \frac{\Delta V_i}{j_{cp_i}}, \text{ с.}$$

Общее время разгона до максимальной скорости

$$t_p = \sum_{i=1}^n \Delta t_i, \text{ с.}$$

При определении пути разгона автомобиля считается, что в интервале времени Δt_i автомобиль движется с постоянной скоростью

$$V_{cp_i} = \frac{V_{i+1} + V_i}{2}, \text{ м/с.}$$

Путь, пройденный автомобилем за время Δt_i :

$$\Delta S_i = \Delta t_i \cdot V_{cp_i}, \text{ м.}$$

Общий путь, пройденный автомобилем за время разгона до максимальной скорости:

$$S_p = \sum_{i=1}^n V_{cp_i} \cdot \Delta t_i, \text{ м.}$$

Результаты расчета параметров обгона сводим в табл. 6.

Таблица 6

Параметры обгона с ускорением

V_i		$\Delta V_i,$ м/с	$j_i,$ м/с ²	$j_{cp_i},$ м/с ²	$\Delta t_i, \text{ с}$	$\Sigma \Delta t_i, \text{ с}$	$V_{cp_i},$ м/с	$\Delta S_i, \text{ м}$	$\Sigma \Delta S_i, \text{ м}$
км/ч	м/с								
V_1	V_1		j_1	j_{cp1}	0	0	0	0	0
		ΔV_1			Δt_1	Δt_1	V_{cp1}	ΔS_1	ΔS_1
V_2	V_2		j_2	j_{cp2}	Δt_2	$\Delta t_1 + \Delta t_2$	V_{cp2}	ΔS_2	$\Delta S_1 + \Delta S_2$
		ΔV_2			Δt_2	$\Delta t_1 + \Delta t_2$	V_{cp2}	ΔS_2	$\Delta S_1 + \Delta S_2$
V_3	V_3		j_3	j_{cp3}	Δt_3	$\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$	V_{cp3}	ΔS_3	$\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$
		ΔV_3			Δt_3	$\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3$	V_{cp3}	ΔS_3	$\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3$
V_4	V_4		j_4	j_{cp4}	Δt_4	$\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$	V_{cp4}	ΔS_4	$\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$
		ΔV_4			Δt_4	$\Delta t_1 + \Delta t_2 + \Delta t_3 + \Delta t_4$	V_{cp4}	ΔS_4	$\Delta S_1 + \Delta S_2 + \Delta S_3 + \Delta S_4$
V_5	V_5		j_5						

По расчетным данным, приведенным в таблице, строят графики времени и пути разгона автомобиля на высшей передаче.

После этого строят график интенсивности разгона, для чего в координатах $S-t$ наносят значения времени Δt_1 и пути ΔS_1 , необходимые для разгона автомобиля от скорости V_1 до скорости V_2 , а затем значения времени $\Delta t_1 + \Delta t_2$ и пути $\Delta S_1 + \Delta S_2$ для интервала скоростей $V_2 - V_3$ и т.д. После этого полученные точки соединяют плавной кривой.

Для определения времени и пути обгона с ускорением на кривой интенсивности разгона (рис. 2) находят точку A , соот-

ветствующую скорости движения V_2 обгоняемого автомобиля, и от нее откладывают вправо по горизонтали отрезок, равный $D_1 + L_2$, где D_1 – дистанция безопасности в начале обгона, а L_2 – габаритная длина обгоняемого автомобиля. Из конца отрезка проводим наклонную прямую, изображающую движение обгоняемого автомобиля. Точка B пересечения этой прямой с кривой интенсивности разгона соответствует моменту времени, когда передние части обоих автомобилей поравнялись. При дальнейшем движении обгоняющий автомобиль выходит вперед.

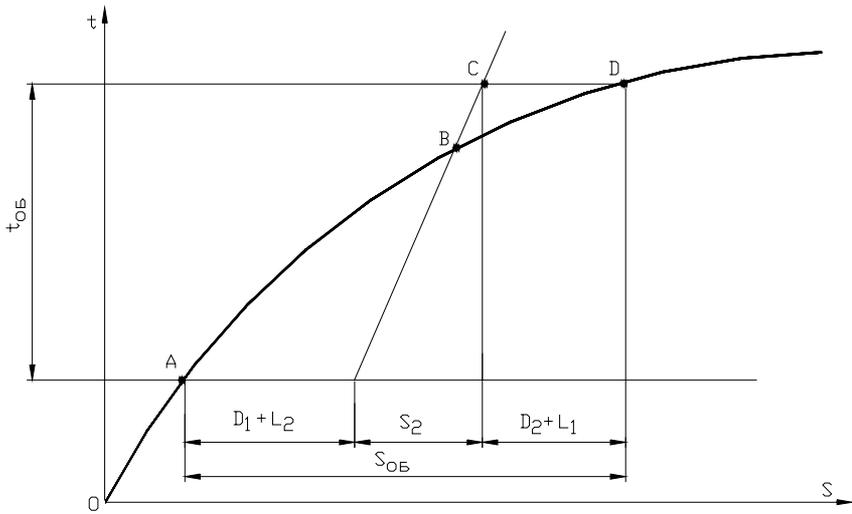


Рис. 2. График пути во времени обгона с ускорением

Чтобы определить минимально необходимые время и путь обгона, необходимо на графике найти две точки C и D , расстояние между которыми по горизонтали было бы равно сумме $D_2 + L_1$, где D_2 – дистанция безопасности в конце обгона, а L_1 – габаритная длина обгоняющего автомобиля. Зная положения начальной и конечной точек обгона, по координатам S и t находят путь и время обгона.

Дистанции безопасности в начале обгона D_1 и в конце обгона D_2 определяются по следующим эмпирическим выражениям:

$$D_1 = a_{об} \cdot V_1^2 + 4,0, \text{ м};$$

$$D_2 = b_{об} \cdot V_2^2 + 4,0, \text{ м},$$

где V_1 – скорость обгоняющего автомобиля в начале обгона,

V_2 – скорость обгоняемого автомобиля,

$a_{об}$ и $b_{об}$ – эмпирические коэффициенты обгона.

Значения эмпирических коэффициентов зависят от типа обгоняемого автомобиля и выбираются из табл. 7.

Таблица 7

Значение коэффициентов обгона

Тип автомобиля	$a_{об}$	$b_{об}$
Легковые автомобили	0,33	0,26
Грузовые автомобили средней грузоподъемности	0,53	0,48
Грузовые автомобили большой грузоподъемности и автопоезда	0,76	0,67

В расчетах принимаем, что скорость обгоняемого автомобиля $V_2 = 40$ км/ч и габаритная длина обгоняемого автомобиля равна габаритной длине обгоняющего автомобиля, т.е. $L_1 = L_2$.

4.7. Определение параметров регулирования фар ближнего света

Для обеспечения безопасности движения большое значение имеет правильная регулировка фар автомобиля. Регулировка фар ближнего света с европейской асимметричной системой светораспределения может проводиться с помощью специального экрана, перед которым на определенном расстоянии ус-

танавливается автомобиль.

Разметка регулировочного экрана представлена на рис. 3.

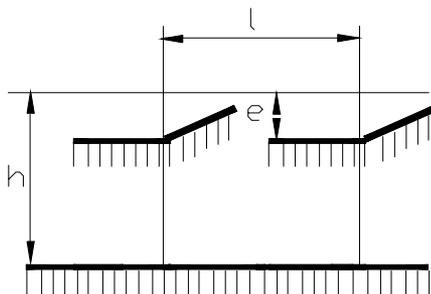


Рис. 3. Разметка экрана для регулировки фар:
 l – расстояние между центрами фар, м; h – высота центра фар над уровнем дороги, м; e – смещение светового пучка фар, м

4.7.1. Определение дальности видимости в свете фар ближнего света

Для определения параметров регулирования фар ближнего света воспользуемся следующей схемой (рис. 4).

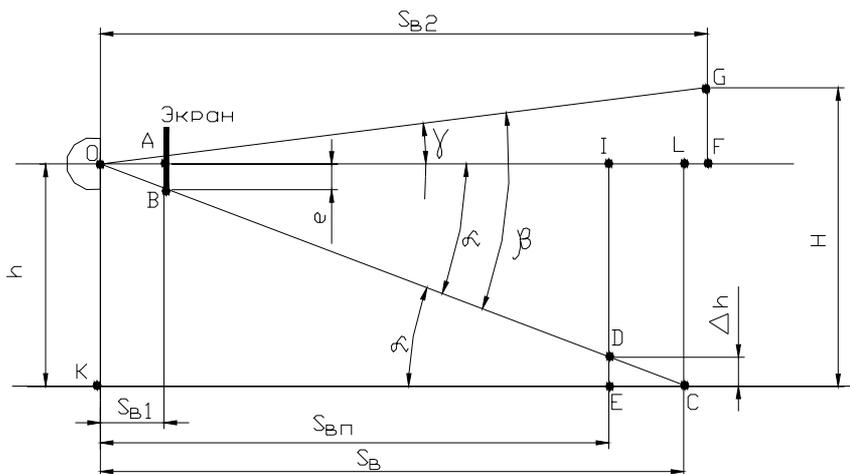


Рис. 4. Схема параметров регулирования фар ближнего света
 На схеме приняты следующие обозначения:

S_B – дальность видимости в свете фар ближнего света, м;
 S_{B1} – расстояние до регулировочного экрана, м;
 S_{B2} – расстояние до водителя встречного автомобиля, м,
($S_{B2} = 50$ м);

$S_{BП}$ – дальность видимости пешехода в свете фар, м;
 Δh – минимальная высота освещения фарами ног пешехода,
при которой он будет замечен водителем м, ($\Delta h = 0,2$ м);

H – высота расположения глаз водителя встречного автомобиля над дорогой, м, ($H = 1,25$ м);

α – угол падения светового пучка фар на поверхность дороги, рад;

β – угол подъема светового пучка фар, при котором ослепляется водитель встречного автомобиля, рад;

γ – угол между горизонтальной линией, проходящей через центр фар, и световым пучком фар, направленным в глаза водителя встречного автомобиля, рад.

В соответствии со схемой из подобия прямоугольных треугольников OAB и OSK можно записать

$$\frac{S_{B1}}{e} = \frac{S_B}{h}.$$

Отсюда следует, что дальность видимости в свете фар ближнего света будет равна

$$S_B = S_{B1} \frac{h}{e}, \text{ м.}$$

4.7.2. Определение максимальной скорости движения по условиям видимости пешехода

Расстояние видимости пешехода в свете фар ближнего света определим из подобия прямоугольных треугольников OLC и OID :

$$\frac{S_B}{h} = \frac{S_{ВП}}{h - \Delta h}.$$

Отсюда дальность видимости пешехода

$$S_{ВП} = S_B \frac{h - \Delta h}{h}, \text{ м.}$$

В темное время суток водитель может предотвратить наезд на пешехода, если дальность видимости в свете фар будет больше, чем остановочный путь автомобиля, т.е. $S_{ВП} \geq S_o$.

Остановочный путь автомобиля рассчитывается по формуле

$$S_o = (t_p + t_c + 0,5 \cdot t_H) \cdot V_0 + \frac{k_3 V_0^2}{2g\varphi_x}, \text{ м.}$$

Если в эту формулу подставить $S_{ВП}$ вместо S_o , то ее можно записать в следующем виде:

$$\frac{k_3 V_0^2}{2g\varphi_x} + (t_p + t_c + 0,5 \cdot t_H) \cdot V_0 - S_{ВП} = 0.$$

В полученной формуле примем следующие обозначения:

$$a = \frac{k_3}{2g\varphi_x}; \quad b = t_p + t_c + 0,5 \cdot t_H; \quad c = S_{ВП}.$$

С учетом принятых обозначений получаем $aV^2 + bV - c = 0$.

Решив полученное уравнение второго порядка относительно V , определим максимальную скорость автомобиля по условиям видимости пешехода:

$$V_{\max} = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}, \text{ м/с.}$$

4.7.3. Определение возможности ослепления светом фар водителя встречного автомобиля

При загрузке автомобиля прогибаются упругие элементы его подвески и шины. Прогиб шин по сравнению с прогибом подвески невелик, и им можно пренебречь. Прогиб элементов задней подвески, как правило, больше, чем передней и продольная ось автомобиля наклоняется назад на некоторый угол, вследствие чего изменяется направление светового пучка фар и возможно ослепление водителя встречного автомобиля.

Для определения возможности ослепления водителя встречного автомобиля необходимо найти фактический угол $\beta_{\text{факт}}$ подъема светового пучка фар, связанный с наклоном продольной оси автомобиля, и сравнить его с теоретическим углом β , который находится по схеме, приведенной на рис. 4.

На рис. 5 показана схема изменения положения продольной оси автомобиля при его загрузке.

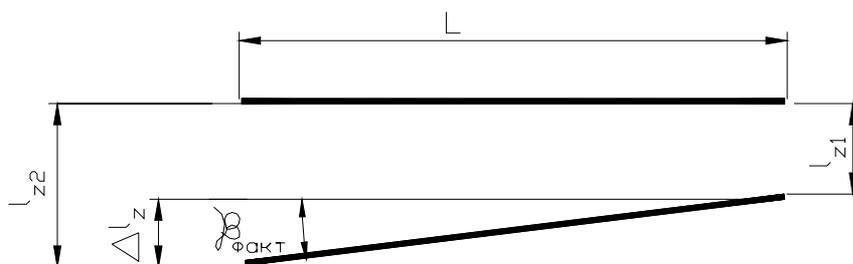


Рис. 5. Схема изменения положения продольной оси автомобиля

На схеме приняты следующие обозначения:

L – база автомобиля, м;

l_{z1} – величина прогиба элементов передней подвески, м;

l_{z2} – величина прогиба элементов задней подвески, м;

Δl_z – разность величин прогиба элементов передней из задней подвески, м.

Величины прогиба элементов передней и задней подвески определяются по следующим выражениям:

$$l_{z1} = \frac{G_{1н} - G_{1бн}}{C_{n1}}, \text{ м}; \quad l_{z2} = \frac{G_{2н} - G_{2бн}}{C_{n2}}, \text{ м},$$

где $G_{1н}$ и $G_{2н}$ – вес автомобиля с полной нагрузкой, приходящийся на переднюю и заднюю ось, Н;

$G_{1бн}$ и $G_{2бн}$ – вес автомобиля без нагрузки, приходящийся на переднюю и заднюю ось, Н;

C_{n1} и C_{n2} – вертикальная жесткость передней и задней подвески, Н/м.

Угол наклона продольной оси автомобиля после загрузки и фактический угол подъема светового пучка фар определим из схемы, представленной на рис. 5.

$$\beta_{\text{факт}} = \arctg \cdot \frac{l_{z2} - l_{z1}}{L} = \arctg \cdot \frac{\Delta l_z}{L}, \text{ рад.}$$

Теоретический угол подъема светового пучка фар после загрузки автомобиля определим из схемы, представленной на рис. 4, в соответствии с которой этот угол равен сумме двух углов, т.е. $\beta = \alpha + \gamma$ и

$$\alpha = \arctg \cdot \frac{h}{S_B}, \text{ рад}; \quad \gamma = \arctg \cdot \frac{H - h}{S_{B2}}, \text{ рад.}$$

Сравнивая фактический и теоретический углы β , делаем вывод о возможности ослепления водителя встречного автомобиля и необходимости регулировки фар ближнего света.

Условие отсутствия ослепления $\beta > \beta_{\text{факт}}$.

Содержание

1. ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ.	3
Лекционные занятия.	3
1.1. Введение.	3
1.2. Основные эксплуатационные свойства автомобиля.	4
1.3. Общие компоновочные параметры автомобиля.	4
1.4. Динамические качества автомобиля.	4
1.5. Устойчивость, управляемость и плавность хода автомобиля.	5
1.6. Автомобильные шины.	5
1.7. Информативность автомобиля.	5
1.8. Рабочее место водителя.	6
1.9. Пассивная безопасность автомобиля.	6
1.10. Послеаварийная безопасность автомобиля.	7
1.11. Экологическая безопасность автомобиля.	7
1.12. Примерный перечень практических занятий.	7
1.13. Примерный перечень лабораторных занятий.	7
1.14. Самостоятельная работа студентов.	8
2. ОБЩИЕ УКАЗАНИЯ.	8
Задание на курсовое проектирование.	9
3. ПЛАН ВЫПОЛНЕНИЯ КУРСОВОЙ РАБОТЫ.	9
4. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ.	10
4.1. Определение тягово-скоростных свойств автомобиля.	10
4.2. Расчет параметров торможения автомобиля.	15
4.3. Определение показателей устойчивости и управляемости автомобиля.	20
4.4. Определение динамического коридора автомобиля.	23
4.5. Определения расстояния до препятствия, на протяжении которого водитель сможет совершить маневр.	25
4.6. Определение пути и времени обгона с ускорением.	27
4.7. Определение параметров регулирования фар ближнего света.	31

Учебное издание

ЗАДАНИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к курсовой работе по дисциплине
"Безопасность транспортных средств"
для студентов специальности
1-44 01 02 "Организация дорожного движения"

Составители: КАПСКИЙ Денис Васильевич
ЛУКЪЯНЧУК Анатолий Данилович

Редактор А.М.Кондратович. Корректор М.П.Антонова
Компьютерная верстка Н.А.Школьниковой

Подписано в печать 30.03.2004.

Формат 60x84 1/16. Бумага типографская № 2.

Печать офсетная. Гарнитура Таймс.

Усл. печ. л. 2,2. Уч.-изд. л. 1,7. Тираж 100. Заказ 26.

Издатель и полиграфическое исполнение:

Белорусский национальный технический университет.

Лицензия ЛВ №155 от 30.01.2003.

220013, Минск, проспект Ф.Скорины, 65.