



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Методическое указание
для выполнения практических работ по
дисциплине

**«Нормативы по защите
окружающей среды»**

Авторы
Скудина А. А.,
Щербаков И. Н.

Ростов-на-Дону, 2019



Аннотация

Практикум предназначен для студентов очной и заочной форм обучения по направлению 23.03.01 «Технология транспортных процессов».

Авторы

старший преподаватель кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Скудина А. А.,

к.т.н., доцент кафедры «Эксплуатация транспортных систем и логистика»

Щербаков И. Н.,



Оглавление

1.Взаимосвязь компонентов системы ВАДС.....	4
2.Изучение основного уравнения движения автомобиля	5
3.Расчёт технико-эксплуатационных показателей работы автобусов	6
4.Влияние элементов автомобильной дороги на безопасность движения	8
5.Расчёт выбросов угарного газа от автотранспорта при работе двигателя.....	10
6.Расчёт шумовой обстановки	13
Список литературы.....	14

1. ВЗАИМОСВЯЗЬ КОМПОНЕНТОВ СИСТЕМЫ ВАДС

Чтобы наглядно проследить взаимосвязь компонентов системы ВАДС, рассмотрим процесс остановки автомобиля перед каким-либо препятствием. Остановочный путь, т.е. путь, проходимый автомобилем с момента обнаружения водителем препятствия на дороге до полной его остановки, объективно отображает возможность обеспечения безопасности системы ВАДС. Длина остановочного пути при экстренном торможении определяется по формуле:

$$S_o = \left(t_p + t_{cp} \right) \cdot \frac{V_a}{3,6} + \frac{K_{\varepsilon} \cdot V_a^2}{254 \cdot (\varphi \pm i)},$$

где t_p – время реакции водителя, с;

t_{cp} – время срабатывания тормозного привода, измеряемое

с момента касания водителем тормозной педали до достижения максимального значения торможения, с;

V_a – скорость автомобиля в момент начала торможения, км/ч;

K_{ε} – коэффициент эксплуатационных условий торможения, зависящий от массы автомобиля и конструктивных параметров его тормозной системы;

φ – коэффициент, характеризующий сцепление шин с дорогой;

i – продольный уклон дороги, ‰.

Определить время реакции водителя при экстренном торможении, управляющего автомобилем, движущимся на подъем уклоном 10 ‰ по влажному покрытию автомобильной дороги ($\varphi = 0,48$), если скорость автомобиля в момент торможения равна 46 км/ч, время срабатывания тормозного привода составляет 0,57 с, коэффициент эксплуатационных условий торможения – 0,93, длина остановочного пути – 33 м.

2. ИЗУЧЕНИЕ ОСНОВНОГО УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Сумма проекций на ось движения всех сил, действующих на автомобиль, представляет собой уравнение движения автомобиля, которое можно выразить в принятых символах:

$$F_k = W_f + W_g \pm W_i \pm W_j,$$

где F_k – сила тяги, Н;

W_f – сопротивление качению колеса по дороге, Н;

W_g – сопротивление воздушной среды, Н;

W_i – сопротивление от уклона, Н;

W_j – инерционное сопротивление, Н.

В развернутом виде уравнение движения автомобиля имеет вид:

$$F_k = G \cdot f + k \cdot F \cdot V^2 \pm G \cdot i \pm \frac{G \cdot \delta}{g},$$

где G – масса автомобиля, кг;

f – усредненный коэффициент сопротивления качению, зависящий от типа покрытия.

При скорости движения более 50 км/ч (13,9 м/с) центробежная сила делает колесо более жестким и коэффициент сопротивления качению растет, тогда расчеты ведутся с поправкой:

$$f = f_0 \cdot (1 + 0,036 \cdot (V - 13,9)),$$

f_0 – коэффициент сопротивления качению, взятый по таблице, в зависимости от типа покрытия;

k – коэффициент сопротивления воздушной среды;

F – лобовая площадь автомобиля, м²;

V – скорость движения, м/с;

i – уклон дороги, ‰;

δ – коэффициент, учитывающий влияние вращающихся масс

(колеса, коленчатый вал и т.п.);

g – ускорение свободного падения, m/c^2 .

В свою очередь, сила тяги автомобиля может быть вычислена по следующей формуле:

$$F_k = \frac{M_i \cdot i_k \cdot i_0 \cdot \eta}{r_k},$$

где M_i – крутящий момент двигателя, $H \cdot m$;

$$M_i = \frac{N \cdot g}{n_i}$$

N – мощность двигателя, кВт;

n_i – число оборотов коленвала, об/мин;

g – ускорение свободного падения, $H \cdot m/c^2$;

i_k – передаточное число коробки передач;

i_0 – передаточное число главной передачи;

η – коэффициент полезного действия двигателя;

r_k – радиус колеса с учетом деформации, м; $r_k = 0,95 \cdot R$

R – радиус колеса, м.

Из уравнения движения автомобиля видно, что два последних сопротивления могут способствовать либо препятствовать движению. В зависимости от соотношения силы тяги и суммы сопротивлений движение может быть равномерным ($F_k = \Sigma W$), ускоренным ($F_k > \Sigma W$), замедленным ($F_k < \Sigma W$).

3. РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ АВТОБУСОВ

Основными технико - эксплуатационными показателями работы автобусов являются:

l_m – длина маршрута, км;

n_{on} – количество промежуточных остановочных пунктов на маршруте;

Нормативы по защите окружающей среды

$$\bar{l}_n = \frac{l_M}{n_{on}} - \text{средняя длина перегона, км;}$$

$$t_{\text{дв}} - \text{время движения на маршруте, мин;}$$

\bar{t}_{on} – среднее время простоя на промежуточном остановочном пункте, мин;

t_{on} – время простоя на конечном остановочном пункте, мин;

$$V_m = \frac{l_M}{t_{\text{дв}}} - \text{скорость техническая, км/ч;}$$

$$V_c = \frac{l_M}{t_{\text{дв}} + t_{on} \cdot n_{on}} - \text{скорость сообщения, км/ч;}$$

$$V_c = \frac{l_M}{t_{\text{дв}} + t_{on} \cdot n_{on} + \sum t_{ко}} - \text{скорость эксплуатации, км/ч;}$$

$$t_{об} = \frac{l_M}{V_m} + \frac{\bar{t}_{on} \cdot n_{on}}{60} + \frac{\sum t_{ко}}{60} - \text{время оборота (рейса) на}$$

маршруте, ч;

$$t_{об} = \frac{l_M}{V_c} + \frac{\sum t_{ко}}{60} - \text{время оборота (рейса) на маршруте, ч;}$$

$$t_{об} = \frac{l_M}{V_э} - \text{время оборота (рейса) на маршруте, ч;}$$

Q – количество перевезенных пассажиров, пас.;

P – количество выполненных пассажиро-километров (транспортная работа), пасс.-км;

$$l_{cp} = \frac{P}{Q} - \text{среднее расстояние перевозки пассажиров, км;}$$

$$\eta_{см} = \frac{l_M}{l_{cp}} - \text{коэффициент сменяемости пассажиров за}$$

рейс;

$$Q_{ч} = \frac{P_{ч}}{l_M} - \text{часовой пассажиропоток на маршруте, пас./ч;}$$

q_n – номинальная вместимость автобуса, пас.;

γ_n – коэффициент использования номинальной вместимости;

$$\gamma_c = \frac{Q_c}{q_n \cdot \eta_{cm}} \text{ – статический коэффициент использования}$$

пассажировместимости (коэффициент наполняемости);

$$\gamma_d = \frac{Q_c}{q_n \cdot l_m} \text{ – динамический коэффициент использования}$$

пассажировместимости (коэффициент наполняемости);

A_m – количество автобусов на маршруте, ед.;

$$h_a = \frac{A_m}{t_{об}} \text{ – частота движения, ед./ч;}$$

$$J_a = \frac{60 \cdot t_{об}}{A_m} \text{ – интервал движения, мин;}$$

T_m – время работы автобуса на маршруте, ч;

$$Z_p = \frac{T_m}{t_{об}} \text{ – количество рейсов одного автобуса за день,}$$

ед.;

Q_p или P_p – производительность автобуса за рейс, пас./рейс;

$$W_p^q = \frac{Q_p}{t_{об}} = \frac{Q}{T_m} \text{ – часовая производительность автобусов}$$

в пассажирах, пас./ч;

$$W_p^q = \frac{P_p}{t_{об}} = \frac{P}{T_m} \text{ – часовая производительность автобусов в}$$

пассажиро–километрах, пас.-км/ч;

$W_Q^{sym} = q_n \cdot \eta_{cm} \cdot \gamma_n \cdot Z_p \cdot A_m$ – производительность автобусов за сутки в пассажирах, пас.

4. ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ДОРОГИ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ

Автомобильная дорога оказывает влияние на процесс движения двумя составляющими факторами:

- постоянными (геометрией трассы и земляного полотна);
- переменными (метеорологическими условиями, временем года и суток).

Относительная вероятность дорожно–транспортных происшествий на каждом участке оценивается итоговым коэффициентом аварийности, вычисляемым как произведение частных коэффициентов, характеризующих изменение условий движения по сравнению с эталонным горизонтальным прямым участком с шероховатым усовершенствованным покрытием шириной 7–7,5 м и укрепленными обочинами шириной 2,5–3 м в открытой местности.

$$U = \prod_{j=1}^m U_j ,$$

где U_j – коэффициент аварийности, учитывающий влияние:

U_1 – интенсивности движения q , тыс. авт/сут;

U_2 – числа полос движения n ;

U_3 – ширины проезжей части B ; м

U_4 – ширины обочины B_0 , м;

U_5 – расстояния видимости в плане S_e , м;

U_6 – продольного уклона i , ‰;

U_7 – радиуса кривых в плане R , м.

Таблица 1

Численные значения факторов и коэффициентов аварийности

Фактор (коэффициент аварийности)	Численные значения факторов и коэффициентов							
	U_1	0,4	0,5	0,6	0,75	0,85	1,0	1,15

n	2	3	4 без раздели- тельной полосы	4 с разде- литель- ной по- лосой	4 с пере- сечением в разных уровнях	8	–	–
U_2	1	1,5	0,8	0,65	0,30	0,30	–	–
B	4,5	5	5,5	6	6,5	7,0	7,5	8
U_3	2,2	1,6	1–5	1,35	1,10	1,05	1,0	0,85
B_0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	–	–
U_4	2,2	1,7	1,4	1,2	1,10	1,0	–	–
S_e	50	100	150	200	250	350	400	500
U_5	3,6	3,0	2,7	2,25	2,0	1,45	1,2	1,0
i	20	30	40	50	–	70	80	–
U_6	1,0	1,25	1,75	2,5	–	2,8	3,0	–
R	50	100– 150	200–300	300– 400	400–600	600– 1000	1000– 2000	2000
U_7	10	4,6	2,25	1,8	1,6	1,4	1,25	1,0

Итоговый коэффициент аварийности определяют при помощи линейного графика участка дороги. На график наносят план и профиль дороги с элементами, определяющими дорожные условия, а следовательно, и безопасность движения (продольные уклоны, вертикальные кривые, кривые в плане, мосты, населенные пункты, расстояния видимости и пр.)

По построенным эпюрам итоговых коэффициентов аварийности можно в процессе проектного задания для эксплуатирующейся дороги рекомендовать мероприятия по повышению безопасности движения, руководствуясь следующими соображениями:

- участки, на которых итоговый коэффициент аварийности $U < 15$, считать удовлетворительными по условиям безопасности;

- для участков с коэффициентом аварийности 15–40 предусмотреть мероприятия по улучшению организации дорожного движения (нанесением разметки проезжей части, запрещающей обгон, установкой знаков ограничения скорости и пр.);

- для участков с коэффициентом аварийности более 50

необходима капитальная перестройка.

5. РАСЧЕТ ВЫБРОСОВ УГАРНОГО ГАЗА ОТ АВТОТРАНСПОРТА ПРИ РАБОТЕ ДВИГАТЕЛЯ

Дорожное движение оказывает наибольшее влияние на уровень загрязнения окружающей природной среды. Основными влияющими факторами являются: состав потока, интенсивность дорожного движения, скорость потока и ускорение движения транспортного потока.

Расчет выбросов угарного газа от автотранспорта при работе двигателя проводится:

1) на участках улиц и дорог с непрерывным движением автотранспорта:

$$C_{CO} = -5,0 + 0,031 \cdot x_1 + 0,46 \cdot x_2 + 4,17 \cdot K_n \cdot x_3 + 0,1 \cdot x_4 + 0,185 \cdot x_5 + 0,27 \cdot x_6 - 0,1 \cdot x_7 - 0,77 \cdot x_9 + 5 \cdot x_{10} \cdot \frac{N_{np(заг)}}{1000}, (\text{мг/м}^3)$$

2) на участках улиц и дорог с вынужденной задержкой автотранспорта:

$$C_{CO} = -3,0 + 0,031 \cdot x_1 + 0,46 \cdot x_2 + 4,17 \cdot K_n \cdot x_3 + 0,1 \cdot x_4 - 0,185 \cdot x_5 + 0,27 \cdot x_6 + 32,0 \cdot x_8 - 0,77 \cdot x_9 - 5 \cdot x_{10} \cdot \frac{N_{np(заг)}}{1000}, (\text{мг/м}^3)$$

где x_1 – интенсивность движения, авт/час;

x_2 – доля грузовых автомобилей, автобусов и мотоциклов в общем потоке;

x_3 – продольный уклон проезжей части;

x_4 – этажность застройки, эт.;

x_5 – ширина улицы в застройке, м;

x_6 – ширина проезжей части участка дороги, м;

x_7 – средневзвешенная скорость движения,

Нормативы по защите окружающей среды

км/ч;

x_8 – показатель линейной плотности уличной застройки;

x_9 – температурный показатель, °С;

x_{10} – число полос движения;

K_n – коэффициент, определяющий отношение интенсивности движения в приведенных единицах к общей интенсивности движения;

$$K_n = \frac{a_0 \cdot K_0 + \dots + a_n \cdot K_n}{x_1},$$

где a_0, \dots, a_n – доли легковых автомобилей, грузовых с грузоподъемностью свыше 5 тонн, до 5 тонн и автобусов в транспортном потоке, авт/час;

K_0, \dots, K_n – коэффициент приведения для различных видов транспорта.

$N_{np(заг)}$ – интенсивность движения в приведенных, по объему выбросов CO , единицах (к легковому автомобилю);

$$N_{np(заг)} = a_0 \cdot K_0 + \dots + a_n \cdot K_n,$$

где a_0, \dots, a_n – доли легковых автомобилей, грузовых с грузоподъемностью свыше 5 т, до 5 т и автобусов в транспортном потоке, авт/ч;

K_0, \dots, K_n – коэффициент приведения для различных видов транспорта.

Таблица 3

Коэффициенты приведения, отражающие соотношения CO в выбросах для различных видов автотранспорта

Транспортные средства	Коэффициенты приведения для определения концентрации CO	
	Для бензиновых двигателей K_n	Для дизельных двигателей K_n
Легковые автомобили	1,0	–

Грузовые автомобили: – грузоподъемностью свыше 3,5 т; – грузоподъемностью до 3,5 т.	3,5	0,10
	2,5	0,05
Автобусы	3,5	0,10

6. РАСЧЕТ ШУМОВОЙ ОБСТАНОВКИ

Для оценки шумовой обстановки и для прогноза ожидаемого уровня эквивалентного шума на участке дороги с непрерывным движением автотранспорта может быть использована формула:

$$L = 69 + 0,0046 \cdot x_1 + 0,07 \cdot x_2^2 + 0,21 \cdot K_n \cdot x_3 + 0,05 \cdot x_4 - 0,104 \cdot x_5 + 0,03 \cdot x_6 + 0,04 \cdot x_7 + 0,8 \cdot x_8, \text{ дБ},$$

где x_1 – интенсивность движения, авт/ч;

x_2 – доля грузовых автомобилей, автобусов и мотоциклов в общем потоке;

x_3 – продольный уклон проезжей части;

x_4 – этажность застройки, эт.;

x_5 – ширина улицы в застройке, м;

x_6 – ширина проезжей части участка дороги, м;

x_7 – средневзвешенная скорость движения, км/ч;

x_8 – показатель линейной плотности уличной застройки;

K_n – коэффициент неоднородности потока;

$$K_n = \frac{Q_0 \cdot K_0 + Q_1 \cdot K_1}{x_1},$$

где Q_0 – физическая интенсивность легковых автомобилей в потоке, авт/ч;

Нормативы по защите окружающей среды

Q_1 – физическая интенсивность грузовых автомобилей
и автобусов в потоке, авт/ч;

K_0, K_1 – коэффициенты приведения (легковые – 1,0;
грузовые – 2,5).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курс UniTrain-I "Автоматическое управление температурой, скоростью и светом", www.unitrain-i.com.
2. В.А. Бесекаерский, Е.П. Попов «Теория автоматического управления», СПб, Изд-во «Профессия», 2003.-752с.
3. Л.Д. Певзнер «Практикум по теории автоматического управления»: Учеб. пособие-М.: Высш. шк., 2006.-590с.
4. Современные системы управления/ Р. Дорф, Р. Бишоп. Пер. с англ. Б.И. Копылова.- М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002.-832 с.:ил.