

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 13.03.2023 10:54:40
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ

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

Кафедра технологии материалов и транспорта

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«*13*» *03* 2021 г.



**ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА
АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ И ГОРОДСКИХ УЛИЦ**

Методические указания к выполнению практических работ для
студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-
технологические средства»

Курск 2021

УДК 625.7/8.004

Составитель: В.И. Козликин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент Б.А. Семенихин

Транспортно- эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц: методические указания к выполнению практических работ для студентов специальности 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. В.И. Козликин. Курск, 2021. 47с.

Содержат рекомендации по оценке транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог: обеспеченной расчетной скорости, пропускной способности и уровня загрузки дороги движением, безопасности движения в различные периоды года. Приведены примеры расчета показателей транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог.

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

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать . Формат 60x84/16.

Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 50 экз. Заказ . Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет.

305040 Курск, ул.50лет Октября,94.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	2
1. ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ	5
2. ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ДОРОГ	11
2.1. Скорость и методы ее оценки	11
2.2. Влияние параметров и состояния дороги на обеспеченность расчетной скорости.....	15
2.2.1. Влияние ширины укрепленной поверхности дороги.....	15
2.2.2. Влияние продольного уклона дороги	21
2.2.3. Влияние других параметров дороги	28
2.3. Пропускная способность и уровни загрузки дороги движением	34
2.4. Оценка влияния дорожных условий на безопасность дорожного движения в различные периоды года	38
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	47

ВВЕДЕНИЕ

Автомобильные дороги являются неотъемлемой частью транспортной системы страны, от эффективного функционирования которой во многом зависят ее экономическое развитие, обороноспособность и национальная безопасность, благосостояние общества.

Объекты транспортной инфраструктуры имеют стратегическое значение для развития федеральной и региональных социально-экономических систем, удовлетворения потребностей экономических субъектов и населения. Свидетельством этому являются принятые законы, постановления и решения Правительства, в которых отмечается важность такого развития. К ним относятся: Федеральный закон от 08.11.2007 №257-ФЗ «Об автомобильных дорогах и о дорожной деятельности в Российской Федерации», принятый Госдумой 18 октября 2007 года; «Концепция долгосрочного социально-экономического развития Российской Федерации на период до 2020 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 17.11.2008 № 1662-р; «Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года», утвержденная распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р; Постановление Правительства РФ от 14 июня 2007 г. «О мерах, направленных на развитие сети автомобильных дорог в Российской Федерации, включая совершенствование системы финансирования дорожного хозяйства».

Настоятельная необходимость государственного регулирования и участия в дорожном строительстве обусловлена также и тем, что положение с транспортно-эксплуатационным состоянием автомобильных дорог общего пользования остается неудовлетворительным, что снижает экономическую эффективность и усиливает разобщенность российских регионов, подрывает единое экономическое пространство России.

Автомобильные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений для непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями. Общая протяженность сети федеральных автомобильных дорог 50,4 тыс. км (на начало 2020г.).

Для успешного функционирования автотранспортного комплекса параметры и характеристики дорог должны удовлетворять требованиям движения автомобилей. Однако только около 40% федеральных автомобильных дорог по несущей способности и состоянию покрытия соответствуют нормативным требованиям. Более 17% мостов на федеральных дорогах находятся в неудовлетворительном состоянии.

Развитие дорожной сети не соответствует темпам автомобилизации. В целом по России при ежегодном росте автомобильного парка на 5...7% прирост протяженности автомобильных дорог общего пользования составляет менее 1%. Из общей протяженности федеральных дорог 8 тыс. км работают с

загрузкой, превышающей нормативную, в том числе около 2 тыс. км имеют загрузку, превышающую нормативную более чем в 1,5 раза.

На таких участках систематически возникают транспортные заторы. По этим причинам происходит снижение средней скорости движения на 30 км/ч, увеличение в 1,5 раза стоимости автоперевозок. Ежегодная общая сумма потерь и упущенной выгоды, связанных с недостаточным развитием сети федеральных автомобильных дорог и их техническим состоянием, оценивается в 130...140 млрд. руб.

На автомобильных дорогах общего пользования создана дорожная служба, основная задача которой – осуществлять комплекс работ по ремонту и содержанию дорог и сооружений на них, а также по организации движения, обеспечивающих требования к транспортно-эксплуатационным показателям дорог.

Под транспортно-эксплуатационными качествами понимают комплекс показателей, характеризующих работу автомобильной дороги как транспортного сооружения: скорость, интенсивность и состав движения, пропускную и провозную способности, уровень аварийности, качество дорожного покрытия, время сообщения, себестоимость перевозок автомобильным транспортом и др.

Для улучшения транспортно-эксплуатационных качеств дорог проводят детальное изучение их состояния (оценку транспортно-эксплуатационных качеств) и на этой основе устанавливают требуемый состав работ по технической эксплуатации и их очередность. Изучение режимов движения транспортных потоков и обследование дорог с различной степенью детализации имеют большое значение также и для разработки эффективных мероприятий, направленных на решение проблем безопасности движения по дорогам и охрану окружающей среды: снижение уровня транспортного шума, загазованности, вибрации.

Практическому решению вопросов оценки транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог посвящены настоящие методические указания.

1. ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Автомобильные дороги представляют собой комплекс инженерных сооружений для непрерывного, удобного и безопасного движения автомобилей с расчетной нагрузкой и установленными скоростями. В этот комплекс входят земляное полотно, дорожная одежда, мосты, трубы, другие искусственные сооружения, здания и сооружения автосервиса, дорожных и автотранспортных служб. Параметры и состояние элементов дороги определяют её технический уровень.

Технический уровень дороги – степень соответствия постоянных (не меняющихся в процессе эксплуатации или меняющихся только при реконструкции и ремонте) её параметров и дорожных сооружений нормативным требованиям: проектная ширина проезжей части и земляного полотна, длина прямых и кривых, протяженность и крутизна подъемов и спусков, высота насыпей, глубина выемок, габариты и грузоподъемность мостов и путепроводов, элементы обустройства.

Эксплуатационное состояние – степень соответствия нормативным требованиям переменных параметров и характеристик дороги, изменяющихся под воздействием транспортных средств, метеорологических условий, уровня содержания: прочность одежды, состояние поверхности дороги и фактически используемая ширина проезжей части и обочин, сцепные качества и ровность покрытия, состояние разметки, инженерного оборудования.

Качество автомобильной дороги обеспечивается её техническим уровнем, эксплуатационным состоянием, инженерным оборудованием и обустройством, уровнем содержания.

С позиций водителей, пассажиров, владельцев автомобилей и автотранспортных предприятий важнейшей является оценка потребительских свойств дороги, которые обеспечиваются её транспортно-эксплуатационным состоянием и содержанием.

Потребительские свойства дороги – её транспортно-эксплуатационные качества: обеспеченная скорость и пропускная способность, непрерывность, удобство и безопасность движения, допустимая осевая нагрузка и общая масса автомобилей и автомобильных поездов.

От транспортно-эксплуатационных качеств дороги зависят технико-экономические показатели работы автомобильного транспорта на данной дороге: средняя скорость транспортного потока, производительность автомобилей, себестоимость перевозок, расход топлива и др.

В практической деятельности для оценки технического уровня и эксплуатационного состояния дорог используют систему следующих основных показателей.

Эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчётной скорости - отношение фактической максимальной скорости одиночного

автомобиля на каждом участке к расчётной скорости для дороги данной категории и рельефа местности, принятой в соответствии с СНиП 2.05.02-85* (таблица 1)

$$K_{p.c \text{ э}} = \frac{V_{\phi \text{ max}}}{V_p} \quad (1)$$

Таблица 1- Основные технические нормы и транспортно-эксплуатационные показатели

Параметры дороги	Категория дороги					
	I-а	I-б	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6	7
Расчетная интенсивность движения в транспортных единицах, авт/сут. (в одном направлении)	≥7000	≥7000	3000-7000	1000-3000	100-1000	≤100
Основная расчетная скорость для проектирования элементов плана, продольного и поперечного профилей, км/ч	150	120	120	100	80	60
То же допустимая на трудных участках пересеченной местности, км/ч	120	100	100	80	60	40
То же допустимая на трудных участках горной местности, км/ч	80	60	60	50	40	30
Число полос движения	4;6;8;	4;6;8	2	2	2	1
Ширина полосы движения, м	3,75	3,75	3,75	3,5	3	-

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
Ширина проезжей части, м	15; 22,5	15; 22,5	7,5	7,0	6,0	4,5
Ширина обочин, м	3,75	3,75	3,75	2,5	2,0	1,75
Наименьшая ширина укрепленной полосы обочины, м	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	-
Наименьшая ширина разделительной полосы между разными направлениями движения, м	6	5	-	-	-	-
Наименьшая ширина укрепленной полосы на разделительной полосе, м	1,0	1,0	-	-	-	-
Ширина земляного полотна, м	28,5 36 43,5	27,5 35,0 42,5	15	12	10	8
Тип дорожной одежды	Капитальные	Капитальные	Капитальные	Капитальные, облегченные	Капитальные, облегченные, переходные	Облегченные, переходные, низшие

Расчётной скоростью называют максимальную безопасную скорость движения одиночного автомобиля на сухом покрытии при достаточном расстоянии видимости, допускаемую на дороге рассматриваемой категории. В расчёте на эту скорость проектируют все геометрические элементы автомобильных дорог и, в первую очередь, элементы плана и продольного профиля (таблица 2).

Таблица 2-Нормы проектирования дорог в плане и продольном профиле

Расчетная скорость, км/ч	Наибольший продольный уклон, ‰	Наименьшее расстояние видимости, м		Наименьший основной радиус кривых, м		
		для остановки	встречного автомобиля	в плане	вертикальных выпуклых	вертикальных вогнутых
150	30	300	-	1200	30000	8000
120	40	250	450	800	15000	5000
100	50	200	350	600	10000	3000
80	60	150	250	300	5000	2000
60	70	85	170	150	2500	1500
50	80	75	130	100	1500	1200
40	90	55	110	60	1000	1000
30	100	45	90	80	600	600

Пропускная способность автомобильной дороги - максимальное число автомобилей, которое может пропустить данный участок дороги в единицу времени.

Интенсивность движения – количество автомобилей, проходящих через некоторое сечение автомобильной дороги за единицу времени в условиях сложившихся транспортных потоков. Интенсивность является очень важным и сложным показателем, изменяющимся во времени (в течении часа, суток, недели, месяца и года). В зависимости от интенсивности движения устанавливается категория автомобильной дороги.

Пропускную способность и уровень загрузки движением проверяют на дорогах и их участках с фактической интенсивностью в физических единицах более 4 тыс. авт./сут. при состоянии дорог и условиях движения, характерных для летнего, осеннее - весеннего и зимнего периодов. На дорогах и участках с меньшей интенсивностью движения указанные показатели не проверяют.

Уровень загрузки дороги движением – отношение фактической интенсивности движения, приведенной к легковому автомобилю N (авт/ч), к пропускной способности P (авт/ч).

$$z = N/P. \quad (2)$$

Уровень загрузки не должен превышать следующих значений:

z, не более

- подъезды к аэропортам, железнодорожным станциям, морским и речным причалам и пристаням.....0,5
- внегородские автомобильные магистрали0,6
- входы в города, обходы и кольцевые дороги вокруг больших городов.....0,65
- автомобильные дороги II и III категорий.....0,7
- автомобильные дороги IV категории.....0,75

Показатели безопасности движения – коэффициенты аварийности и безопасности.

Итоговый коэффициент аварийности для каждого периода года определяют как произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана, профиля, характеристик покрытия, интенсивности движения и т.д.,

$$K_a = K_1 \cdot K_2 \cdot \dots \cdot K_{14} \quad (3)$$

Степень опасности движения по коэффициентам аварийности определяют в зависимости от итогового коэффициента аварийности в каждый период года (в равнинной и холмистой местности):

K_a	0 – 10	10 – 20	20 – 40	40
Характеристика участка.....	неопасный	малоопасный	опасный	очень опасный

Коэффициент безопасности для каждого периода года определяют как отношение максимальной скорости на участке к максимальной скорости въезда автомобилей на этот участок или как отношение эксплуатационных коэффициентов обеспеченности расчётной скорости на участке и на въезде

$$K_b = \frac{V_{\phi, \max}^{уч}}{V_{\phi, \max}^{вх}} \quad (4)$$

или

$$K_b = \frac{K_{рсэ}^{уч}}{K_{рсэ}^{вх}} \cdot$$

По опасности движения участки оценивают исходя из значений коэффициента безопасности:

K_6	0,4	0,4...0,6	0,6...0,8	0,8
Характеристика участка	очень опасный	опасный	малоопасный	неопасный

Обеспечение непрерывности проезда. На дорогах I-III категорий перерывы движения недопустимы, кроме случаев стихийных бедствий, крупных аварий, катастроф и выполнения больших ремонтных работ.

Кроме указанных случаев, на отдельных участках дорог IV-V категорий можно допускать закрытие или ограничение движения в следующих случаях: в весенний расчётный период на участках пучинистых и с недостаточной прочностью дорожной одежды; на участках где ожидается затопление или разрушение земляного полотна и искусственных сооружений при паводке; в зимний период на участках, где движение автомобилей полностью прекращается из-за отсутствия перевозок или может быть организовано по не заносимому снегом маршруту, а также на других участках в период сильных метелей и снегопадов. Закрытие или ограничение движения производят в установленном порядке.

Эксплуатационные показатели изменяются в годовом и более длительном периоде. Характер сезонного и внутригодового изменения зависит в основном от климатических условий. В более длительном периоде в процессе службы дороги эксплуатационные показатели зависят от режимов дорожного движения, прочности покрытия и слоёв одежды, водно-теплового режима дороги (рисунок 1).

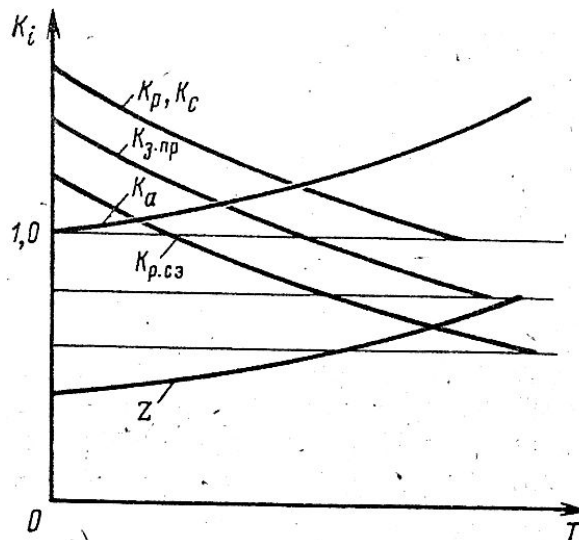


Рисунок 1 - Закономерности изменения транспортно-эксплуатационных показателей дорог во времени:

K_p - показатель ровности дорожных покрытий; K_c - показатель сцепных качеств; $K_{з пр}$ - коэффициент запаса прочности дорожной одежды; $K_{рсэ}$ - эксплуатационный коэффициент обеспеченности расчётной скорости; K_a - коэффициент аварийности; z - уровень загрузки дороги движением

2. ОЦЕНКА ТРАНСПОРТНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ ДОРОГ

2.1. Скорость и методы ее оценки

Для оценки транспортно-эксплуатационных качеств дороги определяют фактически обеспеченную максимальную скорость одиночного автомобиля, средние скорости свободного движения и транспортного потока.

На дорогах IV и V категорий, а также на значительной части дорог III категории средние скорости свободного движения и транспортного потока практически совпадают из-за малой плотности движения.

Все значения скоростей связаны одной зависимостью (рисунок 2). Так, средняя скорость свободного движения

$$\bar{V}_0 = V_{\phi_{\max}} - t \cdot \sigma_{V_{\phi}}, \quad (5)$$

где t – функция доверительной вероятности, или гарантийный коэффициент;

$\sigma_{V_{\phi}}$ – среднее квадратичное отклонение скорости свободного транспортного потока.

Значение t принимают в зависимости от доверительной вероятности при одностороннем ограничении:

Доверительная вероятность, %	85	90	95	99,85
Расчетное значение t	1,04	1,28	1,64	3,0

Средняя скорость транспортного потока в данном сечении дороги при данном состоянии

$$\bar{V} = \bar{V}_0 - \Delta V,$$

где $\Delta V = \alpha_n \cdot \beta \cdot N$ – снижение скорости автомобилей под воздействием интенсивности и состава транспортного потока, км/ч;

α_n – коэффициент, учитывающий влияние интенсивности движения;

β – коэффициент, учитывающий состав транспортного потока (численно равен доле грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов, движущихся по полосе);

N – интенсивность движения, авт./сут (для автомобильных магистралей принимают по каждому направлению отдельно).

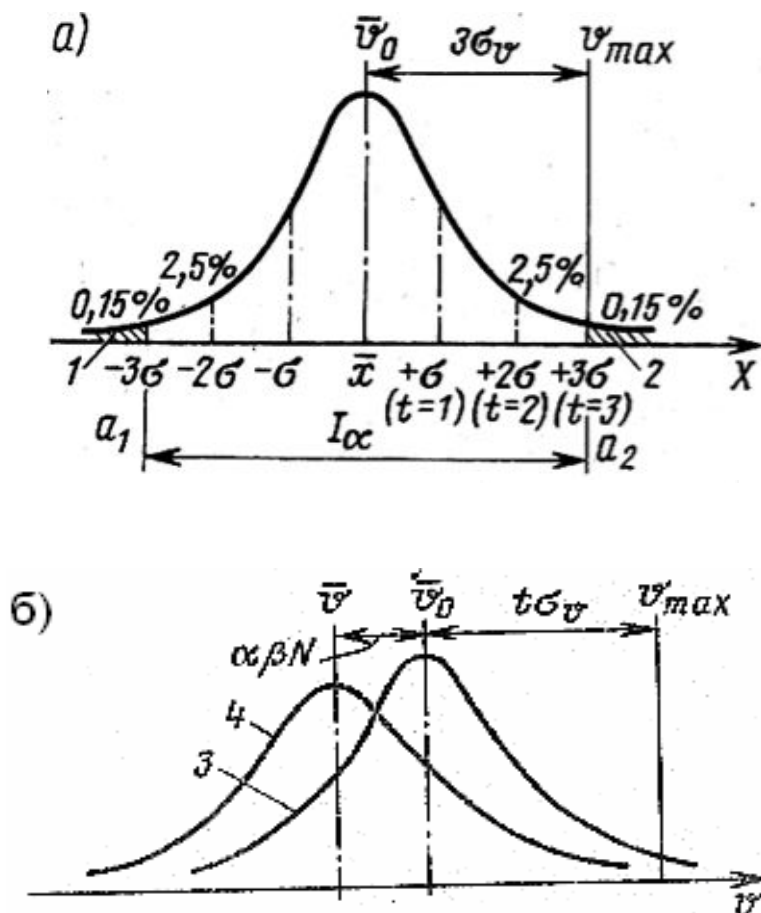


Рисунок 2 - Связь между максимальной и средней скоростями
 а – границы доверительного интервала; б – кривые распределения скоростей
 одиночных автомобилей и транспортного потока; 1, 2 – доля значений
 скорости, лежащих ниже и выше границ доверительного интервала; 3, 4 –
 кривые распределения скоростей одиночных автомобилей и транспортного
 потока; a_1, a_2 – нижняя и верхняя границы доверительного интервала; I_α –
 доверительный интервал

Значения ΔV в зависимости от интенсивности и состава движения
 приведены на рисунке 3.

Таким образом, общая зависимость, связывающая различные значения
 скоростей автомобилей на дороге:

$$\bar{V} = V_{\phi_{max}} - t \cdot \sigma_{V_\phi} - \alpha_n \cdot \beta \cdot N. \quad (6)$$

Эти скорости могут быть получены путем непосредственных измерений,
 при этом могут быть применены различные способы.

Если отсутствуют непосредственные измерения, максимальная скорость
 на каждом характерном участке может быть определена аналитически исходя
 из схем расчета требований к геометрическим параметрам и транспортно-

эксплуатационным характеристикам. При этом основная задача – обязательно учесть влияние метеорологических факторов на состояние дороги, взаимодействие автомобиля с дорогой и восприятие водителем условий движения.

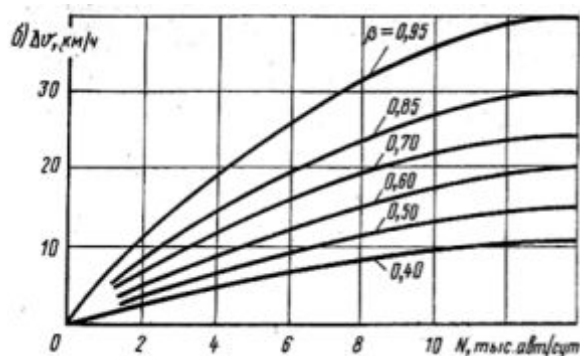
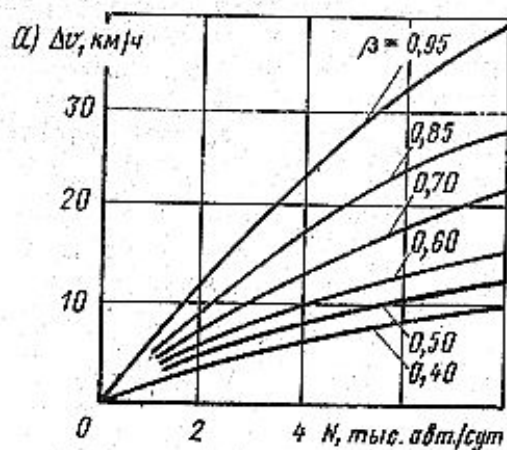


Рисунок 3 - Влияние интенсивности и состава движения на снижение средней скорости:

а – на двухполосных дорогах; б – на четырехполосных автомагистралях с разделительной полосой

В этом случае среднеквадратичное отклонение, необходимое для определения средней скорости транспортного потока:

$$\sigma_{V_{\phi}} = a_0 + b \cdot V_{\phi \max}^2 \quad (7)$$

Значения a_0 и b приведены в таблице 3.

Таблица 3 - Значения a_0 и b

Характеристика дороги	Расчетные значения a_0 и b при определении среднего квадратичного отклонения					
	σ_{max}		σ_{cp}		σ_{min}	
	a_0	b	a_0	b	a_0	b
Двухполосная Автомобильная магистраль с разделительной полосой	3,5	0,001	3,0	0,0008	2,5	0,0006
	0	0,00068	0	0,00056	0	0,00041

Максимальные значения σ_{max} принимают для двухполосных дорог при наличии в потоке более 70% грузовых автомобилей, автобусов и автопоездов; минимальные σ_{min} – если их не менее 40%. Для автомобильных дорог с разделительной полосой максимальные значения σ_{max} принимают для правой крайней полосы, минимальные σ_{min} - для левой крайней полосы.

Изложенная методика устанавливает неразрывную связь между расчетной скоростью, максимальной скоростью в реальных дорожных и метеорологических условиях, средней скоростью свободного движения и средней скоростью транспортного потока на каждом участке, что позволяет решать многие теоретические и практические задачи эксплуатации дорог.

Задача 1. Определить средние скорости свободного движения и транспортного потока с доверительной вероятностью (P_d , %), принимая во внимание категорию автомобильной дороги, состав транспортного потока (β), интенсивность движения (N) и фактически обеспеченную максимальную скорость одиночного автомобиля ($V_{ф. max}$). Исходные данные принять по таблице 4.

Таблица 4 – Исходные данные к задаче 1

№ варианта	Категория автомобильной дороги	Доверительная вероятность, P_d , %	Коэффициент, учитывающий состав транспортного потока, β	Интенсивность движения, N , тыс. авт./сут.	Фактически обеспеченная максимальная скорость одиночного автомобиля, $V_{ф. max}$, км/час
1	2	3	4	5	6
1	IA	85	0,4	14	130
2	IA	90	0,5	13	125
3	IB	95	0,6	12	120
4	IB	99,85	0,7	11	115
5	IV	85	0,85	10	110
6	IV	90	0,95	9	105
7	II	95	0,4	8	100
8	II	99,85	0,5	7	95
9	II	85	0,6	6	90
10	II	90	0,7	5	85
11	III	95	0,85	4	80
12	III	99,85	0,95	3	75
13	III	85	0,4	2	70
14	III	90	0,5	3	65
15	IV	95	0,6	4	60
16	IV	99,85	0,7	5	65
17	IV	85	0,85	6	70

Продолжение таблицы 4

1	2	3	4	5	6
18	IV	90	0,95	7	75
19	IA	95	0,4	8	80
20	IA	99,85	0,5	9	85
21	IB	85	0,6	10	90
22	IB	90	0,7	11	95
23	IV	95	0,85	12	100
24	IV	99,85	0,95	13	105
25	II	85	0,4	8	100
26	II	90	0,5	7	90
27	III	95	0,6	6	80
28	III	99,85	0,7	5	70
29	IV	85	0,85	4	60
30	IV	90	0,95	3	65

2.2. Влияние параметров и состояния дороги на обеспеченность расчетной скорости

Задача оценки степени влияния отдельного параметра на скорость движения состоит в том, чтобы установить механизм этого влияния и физический смысл, выбрать расчетную схему и дать математическое описание, позволяющее определить максимальную скорость расчетного автомобиля.

2.2.1. Влияние ширины укрепленной поверхности дороги

Влияние ширины укрепленной поверхности дороги на обеспеченность расчетной скорости оценивают исходя из понятия «ширина психологического коридора». Психологический коридор – ширина дороги, которая оказывает психологическое воздействие на водителя при выборе траектории и режима движения (рисунок 4).

Общая «ширина психологического коридора»

$$B_n = \frac{(c + k + 2 \cdot x)}{2} + z. \quad (8)$$

Сокращение ширины укрепленной поверхности дороги приводит к сужению психологического коридора. Вместе с этим снижается и скорость в зависимости от интенсивности движения. С учетом этих факторов предложены расчетные формулы для определения максимальной скорости и коэффициента обеспеченности базовой расчетной скорости:

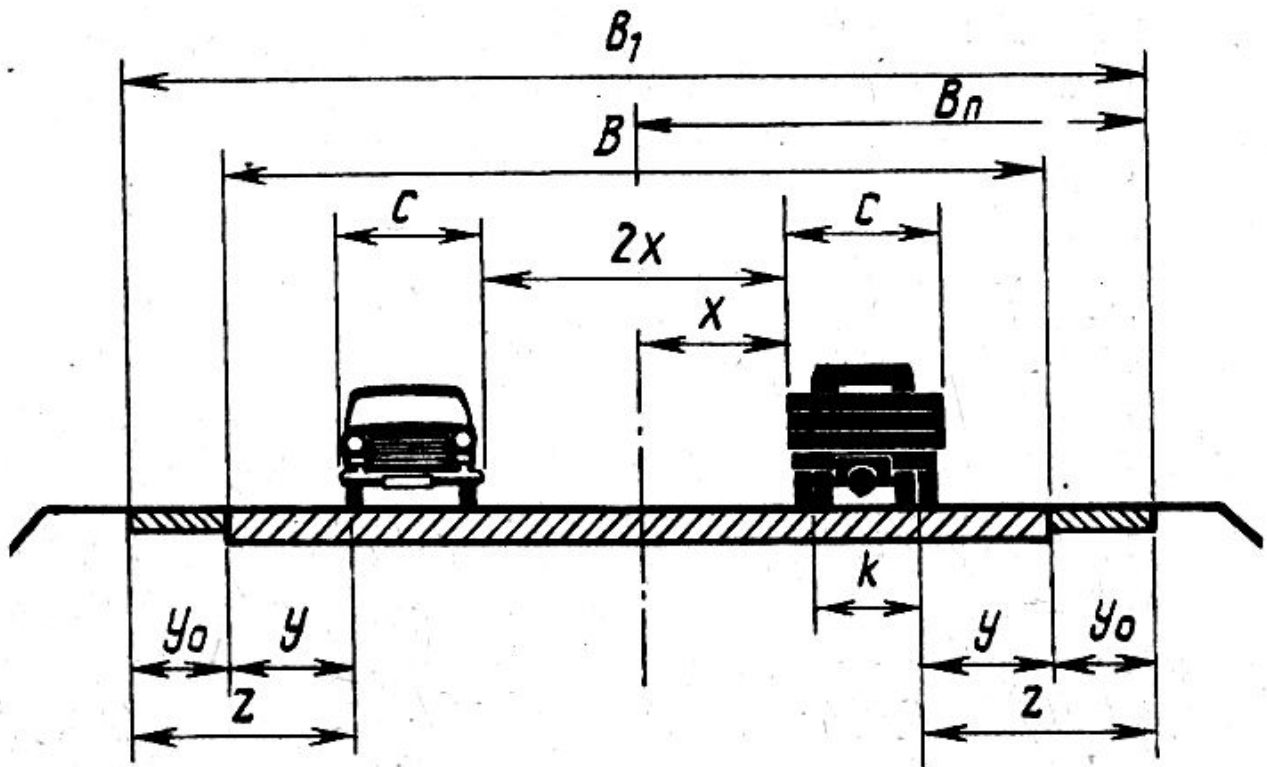


Рисунок 4 - Расчетная схема для определения ширины укрепленной поверхности при встречном движении:
 B_1 – ширина укрепленной поверхности; B_n – ширина психологического коридора.

$$V_{\phi \max} = k_1 \cdot (B_{1\phi} - B_n); \quad (9)$$

$$k_{pc} = k_2 \cdot (B_{1\phi} - B_n), \quad (10)$$

где k_1 и k_2 – коэффициенты, учитывающие интенсивность и расчетную схему движения;

B_n – минимальная ширина психологического коридора для различных расчетных схем, м.

Расчетные формулы, значения k_1 , k_2 , и B_n , а также пределы их применения приведены в таблице 5.

Фактически используемая для движения ширина чистой укрепленной поверхности:

$$B_{1\phi} = B_{np} + 2v - 2v_{загр}, \quad (11)$$

где B_{np} – проектная ширина проезжей части, м;

v – ширина краевой укрепленной полосы, м;

$v_{загр}$ – ширина полосы загрязнения краевой укрепленной полосы или прикромочной полосы проезжей части (таблица 6).

Таблица 5 - Формулы для оценки влияния ширины проезжей части на обеспеченную скорость расчетного легкового автомобиля

Расчетная схема	Расчетная формула	Границы применения по интенсивности движения, авт./сут		
		летом	в переходные периоды	зимой
1	2	3	4	5
Схема 1. Свободное движение одиночного автомобиля	$K_{pc}=0,416(B_{1\phi} - 3,1)$ $V_{\phi \max}=50(B_{1\phi} - 3,1)$	<700	<600	<500
Схема 2. Движение в частично связанном потоке: схема 2а схема 2б	$K_{pc}=0,333(B_{1\phi} - 4)$ $V_{\phi \max}=40(B_{1\phi} - 4)$ $K_{pc}=0,278(B_{1\phi} - 4)$ $V_{\phi \max}=33,3(B_{1\phi} - 4)$	700- 1500 1500- 4200	600-1200 1200-3600	500- 1000 1000- 3000
Схема 3. Движение при интенсивном встречном потоке	$K_{pc}=0,22(B_{1\phi} - 4)$ $V_{\phi \max}=26,4(B_{1\phi} - 4)$	>4200	>3600	>3000
Схема 4. Движение на трехполосной проезжей части: при наличии полной разметки при отсутствии разметки	$K_{pc}=0,21(B_{1\phi} - 7,3)$ $V_{\phi \max}=25(B_{1\phi} - 7,3)$ $K_{pc}=0,194(B_{1\phi} - 8,5)$ $V_{\phi \max}=23,3(B_{1\phi} - 8,5)$	>6000 >7000	>6000 >6000	>5000 >6000
Схема 5. Движение на проезжей части одного направления четырехполосной автомагистрали: с разделительной полосой шириной более 5 м то же до 5 м	$K_{pc}=0,245(B_{1\phi} - 4,1)$ $V_{\phi \max}=29,4(B_{1\phi} - 4,1)$ $K_{pc}=0,203(B_{1\phi} - 4,1)$ $V_{\phi \max}=24,4(B_{1\phi} - 4,1)$	≤ 15000 ≤ 12000	≤ 12000 ≤ 10000	≤ 12000 ≤ 10000

Летом в сухую погоду во всех климатических зонах в основном сохраняются проектные размеры поперечного профиля дорог и проезд осуществляется по всей ширине покрытия.

Таблица 6 - Сокращение ширины укрепленной поверхности, м, в неблагоприятные периоды года (данные проф. А. П. Васильева)

Вид укрепления обочины	В зимний период			В осенне – весенние периоды	
	на прямых участках и на кривых в плане радиусом более 600 м при высоте насыпи больше H_n	на кривых в плане радиусом 200-600 м при высоте насыпи больше H_n	на снегозаносимых участках, на участках с ограждениями, направляющими столбиками, тумбами, парапетами	на прямых участках и на кривых в плане радиусом более 200м	на кривых в плане радиусом менее 200 м и на участках с ограждениями, направляющими столбиками, тумбами, парапетами
Слой щебня или гравия	$\frac{0,2 - 0,4}{0,4 - 0,6}$	$\frac{0,3 - 0,50}{0,5 - 1,0}$	$\frac{0,3 - 0,5}{0,6 - 1,2}$	$\frac{0,1 - 0,3}{0,2 - 0,4}$	$\frac{0,1 - 0,3}{0,3 - 0,8}$
Засев трав	$\frac{0,2 - 0,75}{0,4 - 1,0}$	$\frac{0,3 - 0,50}{0,6 - 1,2}$	$\frac{0,3 - 0,5}{1,2 - 1,8}$	$\frac{0,1 - 0,3}{0,4 - 0,6}$	$\frac{0,1 - 0,3}{0,5 - 1,0}$
Обочины не укреплены	$\frac{0,2 - 0,75}{0,4 - 1,0}$	$\frac{0,4 - 0,6}{1,2 - 1,8}$	$\frac{0,4 - 0,6}{1,2 - 2,0}$	$\frac{0,1 - 0,5}{0,6 - 0,8}$	$\frac{0,1 - 0,5}{1,0 - 1,5}$
Бордюры высотой h , м	$\frac{(3 - 8)h}{(6 - 12)h}$	$\frac{(3 - 8)h}{(6 - 12)h}$	$\frac{(3 - 8)h}{(6 - 12)h}$	$\frac{3h}{6h}$	$\frac{3h}{6h}$

Примечания. 1. В числителе – для дорог I и II категорий, в знаменателе – для дорог III и IV категорий.

2. Ширина полосы загрязнения зависит от оснащения дорожных организаций машинами для содержания дорог. При оснащении, равном 100% нормативной потребности, ширину полосы загрязнения принимают минимальной, при 60-70%-ном оснащении принимают средние значения, а при оснащении менее 50% - максимальные.

3. К снегозаносимым в открытой местности относят все выемки, полувыемки-полунасыпи, нулевые места и насыпи, высота которых меньше толщины снежного покрова H_n , все насыпи на кривых радиусом менее 200 м, пересечения в разных уровнях.

4. На всех участках, проложенных через сплошные лесные массивы, огражденные снегозащитными лесонасаждениями или другими постоянными средствами защиты от

снежных заносов, сокращение ширины укрепленной поверхности принимают, как на прямых участках.

5. При устройстве на обочинах покрытия шириной более 1,5 м из асфальтобетона, цементобетона или из материалов, обработанных вяжущими, сокращение ширины укрепленной поверхности не происходит.

Ниже приведен пример использования методики оценки ширины укрепленной поверхности дороги на обеспеченность расчетной скорости, а также задания для самостоятельного решения (таблица 7).

Задача 2. Определить максимальную скорость одиночного легкового автомобиля и коэффициент обеспеченности базовой расчетной скорости исходя из понятия «ширина психологического коридора». Расчет выполнить для прямых участков дороги по следующим данным: движение при интенсивном встречном потоке на двухполосной проезжей части дороги III категории; интенсивность движения 4000 авт/сут; период года – осень; обочина укреплена бордюром высотой $h=15$ см.

Решение. Принимая во внимание расчетную схему (характеристику движения), интенсивность движения и период года записываем расчетные формулы для определения максимальной скорости и коэффициента обеспеченности базовой расчетной скорости (таблица 5):

$$V_{\phi_{\max}} = 26,4 \cdot (B_{1\phi} - 4);$$
$$k_{pc} = 0,22 \cdot (B_{1\phi} - 4).$$

Для определения обеспеченной скорости необходимо иметь данные о фактически используемой ширине укрепленной поверхности дороги, которую находят по формуле (11).

Проектная ширина проезжей части дороги III категории $B_{np}=7,0$ м; ширина укрепленной полосы обочины $v=0,5$ м (см. таблицу 1).

Ширина полосы загрязнения краевой укрепленной полосы или прикромочной полосы проезжей части может быть определена с учетом рекомендаций таблице 6.

Для прямых участков дорог III категории с укреплением обочин бордюром в осенне-весенний период:

$$v_{загр} = 6 \cdot h = 6 \cdot 15 = 90 \text{ см} = 0,9 \text{ м}.$$

Таким образом:

$$B_{1\phi} = 7,0 + 2 \cdot 0,5 - 2 \cdot 0,9 = 6,2 \text{ м}.$$

$$V_{\phi_{\max}} = 26,4 \cdot (6,2 - 4) \approx 58 \frac{\text{км}}{\text{ч}};$$

$$k_{pc} = 0,22 \cdot (6,2 - 4) \approx 0,484.$$

Таблица 7 - Задания для самостоятельного решения

Вариант	Категория дороги	Расчетная схема (таблица 5)	Интенсивность движения авт/сут	Период года	Вид укрепления обочины
1	2	3	4	5	6
1	IV	Свободное движение одиночного автомобиля	<600	Осенне-весенний	Засев трав
2	IV	Движение в частично связанном потоке на двухполосной проезжей части	500-1500	Лето	Бордюр высотой $h=15\text{см}$
3	III	Движение в частично связанном потоке на двухполосной проезжей части	1500-4200	Зима	Слой гравия
4	II	Движение при интенсивном встречном потоке на двухполосной проезжей части	>3600	Осенне-весенний	Бордюр высотой $h=20\text{см}$
5	I-б	Движение по трехполосной проезжей части при полной разметке	>5000	Зима	Слой щебня
6	I-б	Движение по трехполосной проезжей части при отсутствии разметки	>7000	Зима	Бордюр высотой $h=20\text{см}$
7	I-а	Движение по проезжей части одного направления четырехполосной магистрали с разделительной полосой > 5м	<12000	Осенне-весенний	Бордюр высотой $h=20\text{см}$
8	I-а	Движение по проезжей части одного направления четырехполосной магистрали с разделительной полосой < 5м	<10000	Зима	Бордюр высотой $h=20\text{см}$
9	IV	Движение в частично связанном потоке на двухполосной проезжей части	500-1500	Осенне-весенний	Обочины не укреплены
10	IV	Свободное движение одиночного автомобиля	<500	Лето	Обочины не укреплены

2.2.2. Влияние продольного уклона дороги

Влияние продольного уклона на обеспеченность расчетной скорости оценивают для наиболее характерного (расчетного) состояния покрытия в зимний и осенне-весенний периоды, каждое из которых характеризуется коэффициентами сопротивления качению и сцепления.

Различают три расчетные схемы при оценке влияния продольного уклона:

- а) возможная скорость на подъем по динамическим характеристикам автомобиля;
- б) то же по соотношению сил сцепления и сопротивления движению;
- в) скорость, допустимая на спуске по условиям безопасности в зависимости от видимости поверхности дороги и коэффициента сцепления.

Максимальная скорость автомобиля на горизонтальном участке и на подъеме может быть определена по динамической характеристике автомобиля (рисунок 5) из условия:

$$D = i + f_v, \quad (12)$$

где i – продольный уклон дороги;

f_v – коэффициент сопротивления качению.

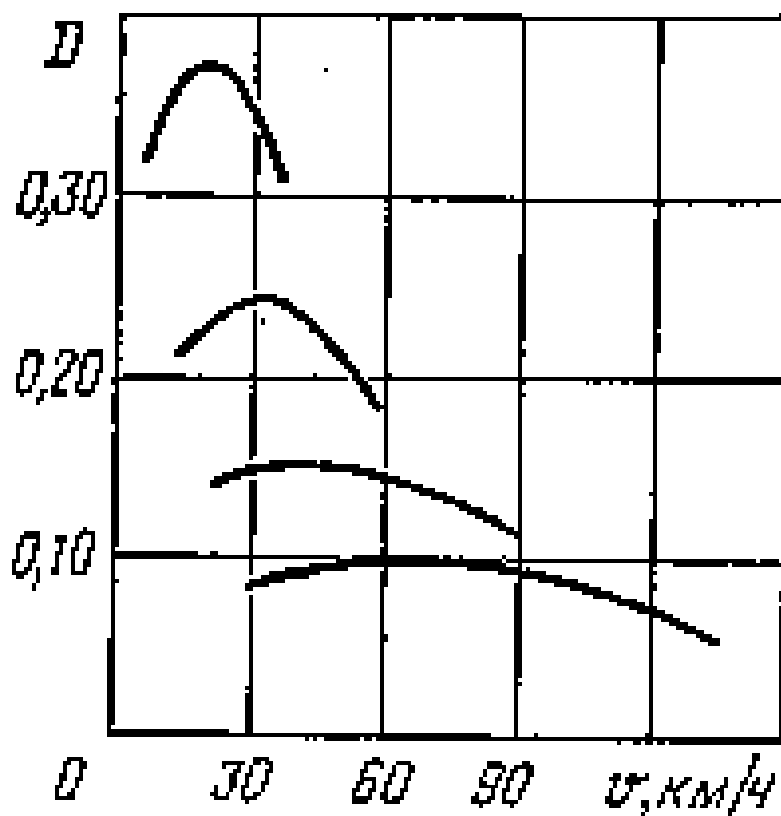


Рисунок 5 - Динамическая характеристика автомобиля ГАЗ-24 «Волга»

Кривые сверху вниз соответственно I, II, III и IV передачи. Сложность заключается в необходимости учитывать изменение коэффициента сопротивления качению с увеличением скорости.

$$f_v = f_{20} + k_f (V_p - 20), \quad (13)$$

где f_{20} – коэффициент сопротивления качению при скорости 20 км/час (таблица.8);

k_f – коэффициент повышения сопротивления качению со скоростью; для легковых автомобилей $k_f = 0,00025$, для грузовых - $k_f = 0,0002$.

Поэтому задачу решают итерационным методом (методом пошагового приближения к получению результата).

Начинают решение с выбора скорости движения автомобиля при совершении «первого шага» к получению результата. Для этого выписывают максимальную скорость движения автомобиля из его технической характеристики. Затем по таблице 1 принимают основную расчетную скорость (для проектирования элементов плана, продольного и поперечного профилей) для заданной категории автомобильной дороги. Для «первого шага» используют меньшую из двух названных скоростей.

Далее последовательно выполняют расчет по формулам (13) и (12). Требуемый динамический фактор, полученный в результате расчета по формуле (12), наносят на динамическую характеристику автомобиля. Графически определяют максимально возможную скорость движения автомобиля в заданных дорожных условиях. Для этого из точки пересечения линии требуемого динамического фактора с графической зависимостью динамического фактора автомобиля проводят перпендикуляр на ось абсцисс. Полученное значение сопоставляют со скоростью, принятой в «первом шаге», для расчета коэффициента сопротивления качению. Если расхождение между скоростями не превышает 5%, то скорость, полученная по динамической характеристике автомобиля, является решением. В случае. Когда расхождение между значениями скоростей превышает 5%, выполняют «второй шаг».

При этом скорость для выполнения «второго шага» определяют, как среднее арифметическое между скоростью, принятой для «первого шага» и скоростью, полученной по динамической характеристике автомобиля.

Далее выполняют расчет параметров аналогично расчету, выполненному при «первом шаге». Значение динамического фактора наносят на динамическую характеристику автомобиля. И определяют скорость по динамической характеристике по «второму шагу». Сопоставляют ее со скоростью, принятой для расчетов во «втором шаге». Принимают решение о дальнейших действиях по алгоритму, изложенному выше. «Шаги» выполняют до тех пор, пока расхождение между скоростью, принятой для

«соответствующего шага» и скоростью, полученной по динамической характеристике автомобиля, не превысят 5%.

Таблица 8 - Значение коэффициента сопротивления качению (данные проф. А.П. Васильева)

Покрытие	Состояние покрытия			На покрытии ровный слой плотного снега	Рыхлый снег толщиной, мм				Гололед
	эталонное (сухое)	влажное чистое	мокрое загрязненное		До 10	10-20	20-40	40-60	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Цементно- и асфальтобетонное	0,01-0,02	0,02-0,03	0,03-0,035	0,04-0,10	0,03-0,04	0,04-0,09	0,08-0,12	0,09-0,15	0,015-0,03
То же с поверхностной обработкой	0,02	0,02-0,03	0,03-0,035	0,04-0,10	0,03-0,04	0,04-0,09	0,08-0,12	0,09-0,15	0,02-0,04
Холодный асфальтобетон, черное щебеночное (гравийное)	0,02-0,025	0,025-0,035	0,03-0,045	0,04-0,10	0,03-0,05	0,04-0,09	0,08-0,12	0,09-0,15	0,02-0,04

Продолжение таблицы 8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гравийное и щебеночное	0,035	0,035-0,05	0,04-0,06	0,04-0,10	0,04-0,06	0,04-0,10	0,03-0,12	0,09-0,15	0,03-0,04
Грунтовая дорога	0,03	0,04-0,05	0,05-0,15	0,06-0,10	0,06-0,08	0,06-0,12	0,08-0,12	0,09-0,15	0,03-0,05

Задача 3. Определить коэффициент обеспеченности базовой расчетной скорости k_{pc} при движении с уклоном 30‰ на участке дороги II категории с асфальтобетонным покрытием. Коэффициент сопротивления качению при скорости 20 км/час составляет 0,01; 0,02; 0,03 соответственно для сухого состояния летом, мокрого осенью и покрытого рыхлым снегом толщиной 10 мм зимой.

Решение. Начинаем расчет суммарного коэффициента дорожных сопротивлений исходя из расчетной скорости для дорог II категории, равной 120 км/час (см. таблицу 1)

Коэффициент сопротивления качению при этой скорости для летних условий:

$$f_v = 0,01 + 0,00025(120 - 20) = 0,035;$$

Соответственно для осени:

$$f_v = 0,02 + 0,00025(120 - 20) = 0,045;$$

для зимы:

$$f_v = 0,03 + 0,00025(120 - 20) = 0,055.$$

Требуемый динамический фактор для летних условий:

$$D = 0,030 + 0,035 = 0,065.$$

Откладывая это значение на графике динамической характеристики (см. рисунок 5), находим, что ему соответствует скорость 120 км/час.

Коэффициент обеспеченности расчетной скорости $k_{pc}=120/120=1,0$.

Для осенне-весеннего периода при расчетной скорости 120 км/час требуемый динамический фактор $D=0,075$. Откладывая эту цифру на графике динамической характеристики получим соответствующую ей скорость 110 км/час, а $k_{pc}=0,92$.

Для зимнего периода требуемый динамический фактор составит 0,085. Соответствующая ему скорость равна 85 км/час, т.е. значительно меньше, чем принята в расчете суммарного коэффициента дорожных сопротивлений ($V_p=120$ км/час).

Зададимся скоростью 95 км/час и проверим требуемый D , повторив расчет:

$$f_v = 0,03 + 0,00025(95 - 20) = 0,051;$$

требуемый динамический фактор:

$$D = 0,03 + 0,051 = 0,081.$$

Ему соответствует скорость около 98 км/час, т.е. разница между предполагаемой и фактической скоростью менее 5%

$$k_{pc} = \frac{98}{120} = 0,82.$$

Аналогично можно определить максимальную скорость при движении на подъем для различных состояний покрытия из уравнения мощностного баланса автомобиля, решая его относительно скорости.

Однако скорость, получаемая по динамической характеристике автомобиля, не всегда может быть реализована из-за соотношения сил сопротивления качению и сил сцепления, особенно при движении на подъем. Скорость, возможную по этим условиям определяют по формуле

$$V_{\phi_{\max}} = \frac{m \cdot \varphi_{20} - f_{20} - i}{m \cdot \beta_{\varphi} + k_f} + 20, \quad (14)$$

где m – коэффициент сцепного веса: для легковых автомобилей 0,5...0,55, для грузовых автомобилей 0,65...0,75;

φ_{20} – коэффициент сцепления при скорости 20 км/час (таблица 9);

β_{φ} – коэффициент изменения сцепных качеств от скорости (принимают в зависимости от типа и состояния покрытия по таблице 9).

- для летних условий:

$$V_{\phi_{\max}} = \frac{0,5 \cdot 0,8 - 0,01 - 0,03}{0,5 \cdot 0,0035 + 0,00025} + 20 = 200 \text{ км/час};$$

- для мокрого асфальтобетонного покрытия осенью:

$$V_{\phi_{\max}} = \frac{0,5 \cdot 0,6 - 0,02 - 0,03}{0,5 \cdot 0,0035 + 0,00025} + 20 = 145 \text{ км/час};$$

-для асфальтобетона покрытого рыхлым снегом толщиной 10 мм

$$V_{\phi_{\max}} = \frac{0,5 \cdot 0,25 - 0,03 - 0,03}{0,5 \cdot 0,0025 + 0,00025} + 20 = 63,3 \text{ км/час}.$$

Затем из скоростей, полученных по динамическим характеристикам автомобиля, и из соотношения сил сопротивления качению и сцепления выбирают меньшее значение и принимают в расчет. Зависимость k_{pc} от продольного уклона приведена на рисунке 6,а.

Анализ расчетов показывает, что при движении по заснеженному или обледенелому покрытию скорость ограничена не динамическими характеристиками автомобиля, а соотношением сцепных качеств и сопротивления качению.

Максимальная допустимая скорость автомобиля на спуске по условиям безопасности может быть определена из формулы видимости поверхности дороги при внезапном торможении

$$S = \frac{V \cdot t}{3,6} + \frac{k_3 \cdot V^2}{254(\varphi \pm f \pm i)} + \ell_o, \quad (15)$$

где V – начальная скорость автомобиля, км/час;

k_3 – коэффициент эксплуатационного состояния тормозов (для легковых автомобилей – 1,2; для грузовых 1,3 – 1,4; при скорости более 90...100 км/ч принимают 2,4);

t – время реакции водителя, с; $t=1,0$ с;

ℓ_o – расстояние безопасности перед препятствием, м; $\ell_o = 5...10$ м.

Из этого уравнения для принятой видимости определяют максимально допустимую скорость на спуске. В уравнение входят два основных показателя, характеризующих условия движения: видимость и коэффициент сцепления, что позволяет определить их совместное воздействие при различных сочетаниях. Сложность точного решения заключается в том, что коэффициент сцепления и сопротивления качению, входящие в формулу, изменяются с изменением скорости. Поэтому точное решение можно получить методом итерации. Результаты такого расчета при видимости поверхности дороги 200 м приведены на рисунке 6,б. Анализ полученных результатов показывает, что высокую скорость на спуске можно обеспечить только на сухом чистом покрытии.

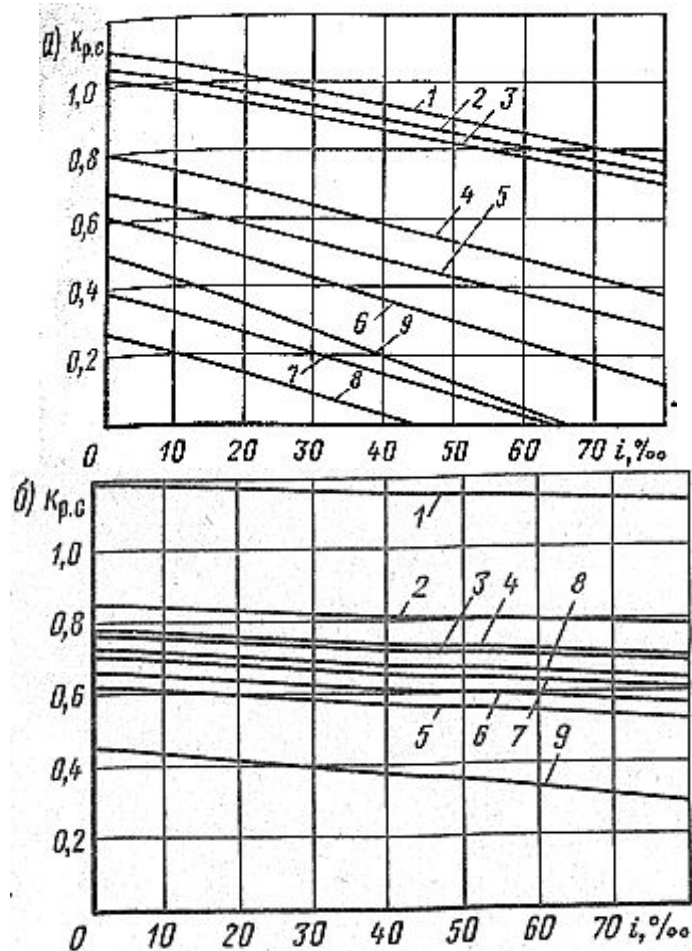


Рисунок 6 - Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от продольного уклона и состояния покрытия:

а – движение на подъем; б – то же на спуск с видимостью 200 м; 1 – сухое чистое; 2 – мокрое чистое; 3 – мокрое грязное; 4 – уплотненный снег; 5 – слой рыхлого снега до 10 мм; 6 – то же 10-20 мм; 7 – то же 20-40 мм; 8 – то же 40-60 мм; 9 – гололед.

Таблица 9 - Значения коэффициентов сцепления и изменения сцепных качеств (данные проф. А.П. Васильева)

Покрытие	Состояние покрытия											
	Эталонное (сухое)		Мокрое (чистое)		Мокрое (грязное)		Рыхлый снег		Уплотненный снег		Гололед	
	φ_{20}	β_{φ}	φ_{20}	β_{φ}	φ_{20}	β_{φ}	φ_{20}	β_{φ}	φ_{20}	β_{φ}	φ_{20}	β_{φ}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Цементобетонное	0,80- 0,85	0,002	0,65- 0,70	0,0035	0,40- 0,45	0,0025	0,15- 0,35	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,08- 0,15	0,002
Асфальтобетонно е с шероховатой обработкой	0,80- 0,85	0,003 5	0,60- 0,65	0,0035	0,45- 0,55	0,0035	0,15- 0,35	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,10- 0,20	0,002
Горячий асфальтобетон без шероховатой обработки	0,80- 0,85	0,002	0,50- 0,60	0,0035	0,35- 0,40	0,0025	0,15- 0,35	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,08- 0,15	0,002
Холодный асфальтобетон	0,60- 0,70	0,005	0,40- 0,50	0,004	0,30- 0,35	0,0025	0,12- 0,30	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,08- 0,15	0,002

Продолжение таблицы 9

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Чернощебеночно е и черногравийное с шероховатой обработкой	0,60- 0,70	0,004	0,50- 0,60	0,004	0,30- 0,35	0,0025	0,15- 0,35	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,10- 0,20	0,002
То же без обработки	0,50- 0,60	0,004	0,40- 0,50	0,005	0,25- 0,30	0,003	0,12- 0,30	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,08- 0,15	0,002
Щебеночное и гравийное	0,60- 0,70	0,004	0,55- 0,60	0,004 5	0,25- 0,30	0,003	0,15- 0,35	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,10- 0,15	0,002
Грунтовое улучшенное	0,40- 0,50	0,005	0,25- 0,40	0,005	0,20	0,003	0,12- 0,30	0,001- 0,004	0,20- 0,50	0,002 5	0,08- 0,18	0,002

2.2.3. Влияние других параметров дороги

Влияние видимости поверхности дороги в плане оценивают по тому же принципу, как и оценку скорости на спуске, решая уравнение (15) для горизонтального участка дороги при различных состояниях (рисунок 7).

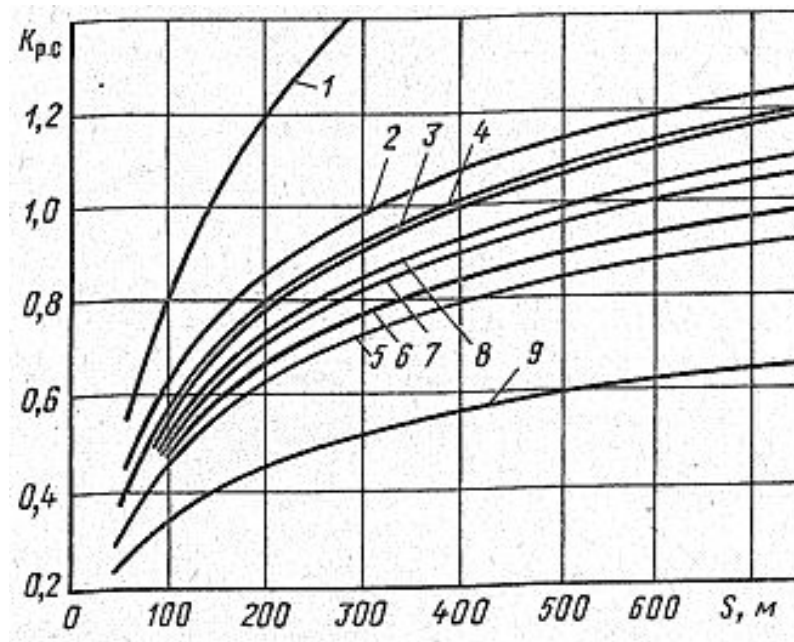


Рисунок 7 - Зависимость коэффициента обеспеченности расчетной скорости от расстояния видимости поверхности дороги S и состояния покрытия (обозначения см. рисунке 6)

Влияние радиуса вертикальных выпуклых кривых оценивают также исходя из необходимого тормозного пути перед препятствием

$$V_{\text{вып}} = 3,6 \sqrt{19,6 \cdot \varphi \cdot R_{\text{вып}} / k_{\varphi}}, \quad (16)$$

где $R_{\text{вып}}$ – радиус вертикальной выпуклой кривой, м.

На кривых в плане максимальная обеспеченная скорость с учетом состояния покрытия и уклона виража (км/ч)

$$V = \sqrt{127 \cdot R \cdot (\varphi_2 \pm i_g)}, \quad (17)$$

где R – радиус кривой, м;

φ_2 – коэффициент поперечного сцепления; $\varphi_2 = (0,6 \dots 0,8)\varphi$;

i_g – уклон виража, тысячные доли.

Последние разработки Н.Ф. Хорошилова, направленные на совершенствование предложенного им метода, позволяют получить более точные значения скоростей на вертикальных кривых и кривых в плане.

Максимально возможная скорость на участках кривых в плане

$$V = \sqrt{127 \cdot R(\gamma_2 \cdot \varphi_2 \pm i_g)}, \quad (18)$$

где R – радиус кривой в плане, м;

i_g – поперечный уклон, ‰;

$\gamma_2 \cdot \varphi_2$ – используемая доля коэффициента поперечного сцепления, принимаемая в зависимости от скорости в пределах от 0,18 для скорости 20 км/ч до 0,11 для скорости 150 км/ч.

Максимальная скорость на вогнутых кривых

$$V = \sqrt{13 \cdot a \cdot R}, \quad (19)$$

где R – радиус кривой, м;

a – центробежное ускорение; $a \approx 0,5 \dots 0,7 \text{ м/с}^2$.

Скорость движения на выпуклых вертикальных кривых определяют с учетом среднего уклона отдельных участков ломаной, которой заменяют вертикальную выпуклую кривую (в зависимости от длины кривой отдельные участки ломаной принимают равными 50, 100 или 200 м). Скорость в конце участка

$$V_k = \sqrt{V_n^2 - 254L_p(D - f - i_{cp})}, \quad (20)$$

где V_n – скорость в начале участка, км/ч;

L_p – длина участка ломаной, м;

D – средний динамический фактор для интервала скоростей;

i_{cp} – средний уклон на участке

$$i_{cp} = i_n - \frac{\Delta i}{2},$$

где i_n – уклон в начальной точке участка;

Δi – изменение уклонов на участке.

Среднюю скорость движения на дороге определяют по средним скоростям на отдельных элементах дороги

$$V_{cp} = \frac{\sum S' \cdot V'_{cp}}{\sum S'}, \quad (21)$$

где V'_{cp} - средняя скорость по отдельным элементам, соответствующим S_1, S_2, \dots, S' ;

$\sum S'$ - длина всей дороги.

Ниже приведена задача и задания для самостоятельного решения (таблица 10).

Задача 4. Определить фактическую скорость автомобиля ГАЗ-3110 и коэффициент обеспеченности базовой расчетной скорости при движении с продольным уклоном по трем расчетным схемам: а) возможная скорость на подъем по динамической характеристике автомобиля; б) то же по соотношению сил сцепления и сопротивления качению; в) скорость, допустимая на спуске по условиям безопасности в зависимости от видимости поверхности дороги и коэффициента сцепления.

Определить k_{pc} с учетом влияния видимости поверхности в плане, а также максимальные обеспеченные скорости движения автомобиля на вертикальных выпуклых и вогнутых кривых и кривых в плане. Для решения задачи использовать данные таблицы 10.

Таблица 10 – Исходные данные к задаче 4

Параметры элементов плана и профиля дороги	Варианты														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Категория дороги	I-a	I-б	II	III	IV	I-a	I-б	II	III	IV	I-a	I-б	II	III	IV
Продольный уклон, ‰	30	40	20	50	60	30	40	30	40	50	20	30	40	30	40
Расстояние видимости: -для остановки -встречного автомобиля	300 ---	250 ---	250 450	200 350	150 250	400 ---	350 ---	300 500	250 400	200 300	450 ---	400 ---	350 550	300 450	250 350
Основной радиус кривых: в плане вертикальных выпуклых вертикальных вогнутых	1200	800	800	600	300	1400	1000	1100	700	400	1500	1200	1100	800	500
	30000	15000	15000	10000	5000	32000	16000	17000	12000	6000	36000	16000	16000	12000	6000
	8000	5000	5000	3000	2000	9000	6000	6000	4000	2500	10000	6000	5000	4500	3000
Сезон и состояние покрытия	зима рыхлый снег толщиной 10-20 мм					осень влажное чистое					лето эталонное сухое				

2.3. Пропускная способность и уровни загрузки дороги движением

Пропускная способность заметно снижается в неблагоприятные для движения осенне-весенний и зимний периоды, особенно во время дождей, снегопадов, гололеда, тумана и др. В этих условиях чаще всего возникают заторы на участках с высокой интенсивностью движения, когда требуемые по безопасности интервалы между автомобилями существенно превышают оптимальные по пропускной способности.

Исследованиями установлено весьма важное положение – связность транспортного потока, т.е. взаимное влияние автомобилей, не является постоянной. Она существенно зависит от состояния покрытия и погоды. На сухом шероховатом покрытии взаимное влияние автомобилей начинает ощущаться, когда интервал меньше 10с, т.е. интенсивность больше 360 авт./ч; на мокром шероховатом покрытии – интервалы короче 11с; на снежном накате взаимное влияние заметно, если интервалы меньше 15с, т.е. интенсивность более 240 авт./ч; во время гололеда – уже с интервалов, не превышающих 20с, т.е. при интенсивности больше 180 авт./ч. Соответственно изменяется скорость и пропускная способность (рисунок 8). Поэтому пропускную способность необходимо определять для осенне-весеннего и зимнего периодов

$$P_{сез} = \psi \cdot \alpha \cdot \bar{V}_o \cdot q_{\max}, \quad (22)$$

где ψ - коэффициент, учитывающий движение по встречной полосе, а для многополосных дорог – по соседней полосе;

α - коэффициент, зависящий от дорожных и метеорологических условий;

\bar{V}_o - средняя скорость свободного движения автомобилей в реальных дорожных и метеорологических условиях, км/ч [см. формулу (5)];

q_{\max} - максимальная плотность потока, авт./км (принимают 85...90 авт./км).

Если скорость \bar{V}_o более 55 км/ч, пропускную способность не рассчитывают, а принимают для двухполосных дорог 1200 авт./ч на одну полосу, для автомобильных магистралей – 1400 авт./ч на одну полосу.

Коэффициент α вычисляют по формуле

$$\alpha = 0,65 - 0,00425 \cdot V_{\phi \max}, \quad (23)$$

где $V_{\phi \max}$ - максимальная скорость при фактическом (расчетном) состоянии дороги и метеорологических условий.

Коэффициент ψ принимают в следующих пределах:

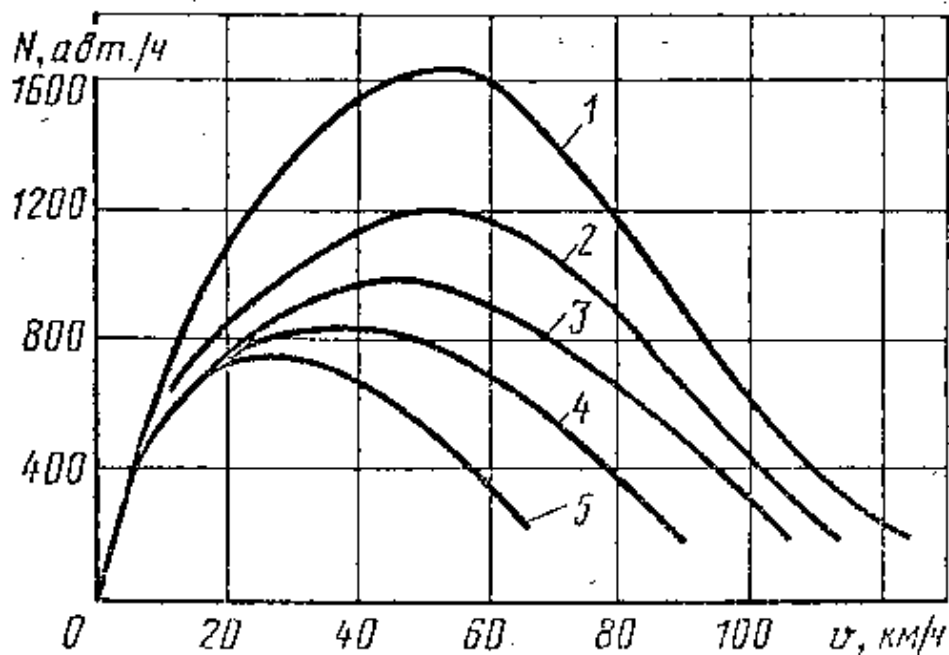


Рисунок 8 - Зависимость пропускной способности от скорости при различных состояниях покрытия:

1 – шероховатое сухое; 2 – то же мокрое; 3 – частично покрытое льдом; 4 – снежный накат; 5 – гололед

Условия	Эталонные	Нормальные	Трудные
$K_{рс}$	$\geq 1,0$	$0,75...1,0$	$< 0,75$
<i>Многополосные</i>			
дороги.....	0,9	0,9	0,8
<i>Двухполосные</i>			
дороги.....	0,9	0,8	0,7

Уровень загрузки дороги движением в расчетный период года

$$z = \frac{K_{сез}^u \cdot N}{P_{сез} \cdot n}, \quad (24)$$

где n – число полос движения;

N – среднегодовая интенсивность движения (см. табл. 1);

$K_{сез}^u$ - коэффициент сезонных колебаний интенсивности движения:

Период года	летний	осенний	зимний	весенний
<i>Дороги I и II</i>				
категорий.....	1,0	1,1...1,4	0,7...1,0	0,8...0,9
<i>Дороги III...V</i>				
категорий.....	1,0	1,2	1,0	0,8

В связи с тем, что пропускная способность дорог при неблагоприятной погоде значительно меньше, чем в эталонных условиях, уровень загрузки движением и состояние транспортного потока при одной и той же фактической интенсивности в различные периоды года может значительно колебаться (таблица 11).

Таблица 11 - Уровень загрузки дороги движением и состояние транспортного потока

Уровень удобства	Z	Максимальная интенсивность движения по двум полосам, авт./ч			ψ	Состояние потока
		летом	в переходные периоды	зимой		
А	<0,2	430	360	310	0,9	Свободный
Б	0,2-0,45	430-850	360-720	310-620	0,8	Частично связанный
В	0,45-0,70	860-1260	720-1050	620-890	0,75	Связанный
Г-а	0,7-1,0	1260-1680	1050-1400	890-1190	0,7	Насыщенный
Г-б	0-1,0	0-1680	0-1400	0-1190	0,7	Плотно насыщенный

Однако даже при самом неблагоприятном составе транспортного потока в обычных условиях на дорогах III...V категорий, построенных в соответствии со СНиП II-Д.5-72 и 2.05.02-85, уровень загрузки не будет превышать рекомендуемых значений и нет необходимости его оценивать. Исключение составляют участки горной местности без укрепленных краевых полос, на которых в зимний и весенне-осенний периоды уровень загрузки может превысить расчетный. Что касается дорог I и II категорий, то проверка их пропускной способности и уровней загрузки обязательна. В первую очередь эта проверка должна выполняться для условий работы дорог в зимний и переходные периоды.

Задача 5. Определить пропускную способность и уровень загрузки дороги движением на участке дороги II категории с асфальтобетонным покрытием при скорости движения автомобиля 80 км/ч при разных состояниях покрытия.

Решение. По графикам на рисунке 8 определяем пропускную способность дороги для всех расчетных периодов года и состояний покрытия:

- для летнего периода (покрытие – сухое шероховатое)

$$P_{сез}=1200 \text{ авт./ч};$$

- для переходного периода (покрытие – мокрое шероховатое)

$$P_{сез}=900 \text{ авт./ч};$$

- для переходного периода (покрытие частично покрыто льдом)

$$P_{сез}=650 \text{ авт./ч};$$

- для зимнего периода (на покрытии образовался снежный накат)

$$P_{сез}=380 \text{ авт./ч}.$$

Уровень загрузки дороги движением в расчетные периоды года и при названных состояниях покрытия будет:

- для летнего периода, когда покрытие дороги сухое шероховатое

$$z = \frac{7000 \cdot 1,0}{24 \cdot 1200 \cdot 2} = 0,12;$$

- для переходного периода, когда покрытие дороги мокрое шероховатое (весна)

$$z = \frac{7000 \cdot 0,9}{24 \cdot 900 \cdot 2} = 0,15;$$

- для переходного периода, когда покрытие дороги частично покрыто льдом (осень)

$$z = \frac{7000 \cdot 1,25}{24 \cdot 650 \cdot 2} = 0,28;$$

- для зимнего периода, когда на покрытии образовался снежный накат

$$z = \frac{7000 \cdot 0,85}{24 \cdot 380 \cdot 2} = 0,33.$$

Таким образом, уровень загрузки дороги движением и состояние транспортного потока при одной и той же фактической интенсивности в различные периоды года и при разных состояниях покрытия значительно изменяется (от 0,12 до 0,33).

2.4. Оценка влияния дорожных условий на безопасность дорожного движения в различные периоды года

Степень обеспечения безопасности движения определяется не только соблюдением требований к размерам отдельных геометрических элементов трассы дороги, но и взаимным их сочетанием.

При сравнении вариантов трассы и организации движения по существующим дорогам используют метод *коэффициентов аварийности*, разработанный В.Ф. Бабковым, основанный на обобщении материалов статистики дорожно-транспортных происшествий. Он позволяет без обследований выявить опасные места на основе проектных документов. Степень опасности участков дороги характеризуют *итоговым коэффициентом аварийности*, вычисленным как произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние отдельных элементов плана и профиля:

$$K_{um} = K_1 \cdot K_2 \dots K_{14}, \quad (25)$$

где K_1, K_2, \dots, K_{14} – коэффициенты, представляющие собой отношение количества происшествий при том или ином значении элемента плана или профиля к количеству происшествий на эталонном прямом горизонтальном участке дороги с проезжей частью шириной 7,5 м и с твердыми широкими обочинами.

Значения частных коэффициентов аварийности даны ниже:

Интенсивность движения, авт./сут. ..500	1000	3000	5000	7000	9000	
K_1	0,40	0,50	0,75	1,00	1,40	1,70
Ширина проезжей части, м.....4,5	5,5	6	7,5	$\geq 8,5$		
K_2 (при укрепленных обочинах).....2,2	1,5	1,35	1	0,8		
K_2 (при неукрепленных обочинах)..... 4	2,75	2,5	1,5	1,0		
Ширина обочины, м.....0,5	1,5	2		3		
K_32,2	1,4	1,2		1		
Продольный уклон, %.....20	30	50	70	80		
K_4 (дорога без разделительной полосы).....1	1,25	2,5	2,8	3		
K_4 (дорога с разделительной полосой).....1	1,0	1,25	1,4	1,5		

Радиус кривых в плане, м..	≤50	100	150	200-300	400-600	1000-2000	>2000
K ₅	10	5,4	4	2,25	1,6	1,25	1,0

Видимость дороги, м.....	100	200	300	400	≥500
K ₆ в плане.....	3	2,3	1,7	1,2	1,0
K ₆ в продольном профиле.....	4	2,9	2,0	1,4	1,0

Ширина проезжей части мостов по отношению к проезжей части дороги....	меньше на 1 м	равна	шире на 1 м	шире на 2 м
K ₇ 6	3	1,8	1,0

Длина прямых участков, км.....	3	5	10	15	20	≥25
K ₈	1,0	1,1	1,4	1,6	1,9	2

Пересечения в одном уровне при интенсивности движения по главной дороге, авт./сут.....	1000	1600-3500	3500-5000	5000-7000
K ₉1,5	2,0	3,0	4,0

Тип пересечения с примыкающей дорогой.....	в разных ... уровнях	в одном уровне при интенсивности движения по пересекающей дороге, % от суммарной по двум дорогам		
K ₁₀	0,35	≤10 1,5	10-20 3,0	≥20 4,0

Видимость пересечения в одном уровне с примыкающей дороги, м.....	>60	60-40	40-30	30-20	<20
K ₁₁	1,0	1,1	1,65	2,5	10

Число полос движения на проезжей части.....	2	3	4 без разделительной полосы	4 с разделительной полосой
K ₁₂	1,0	1,5	0,8	0,65

Расстояние от застройки до проезжей части и ее характеристика, м.....	15-20	5-10	5, полосы	5, без
	имеются	имеются	местного	тротуаров и
	полосы	тротуары	движения	полос для
	местного		отсутствуют	местного
	движения		тротуары есть	движения
K ₁₃	2,5	5	7,5	10
Коэффициент сцепления.....	0,2-0,3	0,4	0,6	0,7
Характеристика покрытия.....	скольз-	чистое	шерохо-	очень
	кое	сухое	ватое	шероховатое
K ₁₄	2,5	2,0	1,3	1,0
				0,75

Результаты определения коэффициентов аварийности оформляют в виде линейных графиков (рисунок 9). Для их построения анализируют план и профиль дороги по каждому из частных показателей, и выписывают значение соответствующего частного коэффициента аварийности. Перемножение по вертикали для каждого участка всех коэффициентов дает итоговый коэффициент аварийности.

Основанный на методе итогового коэффициента аварийности линейный график сезонных коэффициентов аварийности строят по методу А.П. Васильева для каждого периода года.

Строят сезонные графики коэффициентов аварийности с использованием поправочных коэффициентов к параметрам и характеристикам дорог (таблица 12). Проектный или среднегодовой параметр дороги умножают на поправочный коэффициент и по этому значению параметра принимают частный коэффициент аварийности для каждого периода года.

Таблица 12 - Поправочные коэффициенты к параметрам и характеристикам дорог в разные сезоны года (за единицу приняты летние условия)

Параметры или характеристики	Осень	Зима	Весна
Сезонные колебания интенсивности движения	1,2-1,4 ^{*1}	0,7-1,0 ^{*2}	0,8-0,9
Эффективно используемая ширина проезжей части:			
при неукрепленных обочинах	0,95-1,0	0,8-	0,95-1,0
при укрепленных обочинах или наличии краевых полос	1,0	0,98 ^{*3}	1,0
Уменьшение ширины обочин:			
неукрепленных	0,5-1,03 ^{*3}	0,95-1,0	0,5-1,0 ^{*3}
укрепленных	1,0	0,5-1,0 ^{*3}	1,0
Ограничение видимости на кривых в плане	1,0	0,5-1,0 ^{*3}	1,0
Ограничение видимости на прямых			

участках из-за снегопадов, туманов и метелей ^{*4}	0,8-1,0	0,7-1,0	1,0
Уменьшение ширины проезжей части мостов	0,9-1,0	0,8-1,0	1,0
Изменение соотношения интенсивности движения по дорогам, пересекающимся в одном уровне:			
в связи с использованием съездов на полевые дороги	1,0-1,4	0,9-1,0	1,0-1,4
в связи с колебаниями интенсивности движения на основной дороге	1,2-1,4	0,7-1,4	0,8-0,9
Изменение видимости на пересечениях в одном уровне	1,0	0,2-1,0 ^{*5}	1,0
Скользкость покрытия	0,7-1,0	0,5-0,8 ^{*6}	0,8-1,0

^{*1} Верхний предел для дорог I и II категорий, нижний – III и IV.

^{*2} Верхний предел для дорог III и IV категорий, нижний – I и II.

^{*3} Большие размеры принимают при очистке обочин на всю ширину.

^{*4} Расстояние видимости летом по метеорологическим условиям 500 м.

^{*5} Меньшее значение относится к пересечениям, на которых снежные валы из пределов треугольника видимости не убирают.

^{*6} Верхний предел принимают при 100%-ной обеспеченности дорожной службы машинами для зимнего содержания, нижний – для 30%-ной обеспеченности и менее от расчетной потребности.

При выделении характерных участков на трассе автомобильной дороги учитывают зоны влияния отдельных элементов дороги (таблица 13).

Таблица 13 - Зоны влияния отдельных элементов дороги

Элементы дороги	Зоны влияния	
	зимой	осенью и весной, летом
Подъемы и спуски	За вершиной – 100, у подошвы – 150	
Пересечения в одном уровне: -при наличии твердого покрытия на пересекаемой дороге -при отсутствии твердого покрытия на пересекаемой дороге	По 100 в каждую сторону По 100 в каждую сторону	По 50 в каждую сторону По 100-500 в каждую сторону в зависимости от типа грунта
Пересечения в разных уровнях	В пределах между примыканиями переходной - скоростных полос или правоповоротных съездов	

Продолжение таблицы 13

1	2	3
Кривые в плане с обеспеченной видимостью при радиусах менее 400 м	По 50 от начала и конца кривой	
Кривые с необеспеченной видимостью при любом радиусе	По 100 от начала и конца кривой	
Мосты, трубы и другие сужения	По 100 от начала и конца сужения	По 75 от начала и конца сужения
Автобусные остановки	По 100 по обе стороны	
Населенные пункты	По 100 от границ застройки	

Характеристика степени опасности движения по участку дороги в зависимости от величины итогового коэффициента аварийности в каждый период года представлена в разд. 1.

Задача 5. Используя план и профиль участка автомобильной дороги (рис. 9), а также изложенную выше методику построить сезонный график коэффициентов аварийности с использованием поправочных коэффициентов к параметрам и характеристикам дорог (табл. 12). Варианты заданий для самостоятельного решения приведены в табл. 14.

Таблица 14

Задания для самостоятельного решения

Параметры элементов плана и профиля дороги	Вариант															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1. Уклоны, ‰, их протяженность, м (в числителе уклоны, в знаменателе – протяженность)	40/500 0/300 10/1000 50/1500	30/400 0/800 50/700 80/500	70/200 0/900 50/800 30/900	50/250 0/750 30/1200 40/800	50/400 0/400 70/800 30/1000	50/800 0/900 70/700 30/800	40/700 0/800 60/600 20/900	45/800 0/750 55/550 25/800	50/900 0/900 40/900 20/900							
2. Видимость, м: - пересечения в одном уровне с примыкающей дорогой - дороги в продольном профиле - дороги в плане	20				60				40				30			
	300				200				300				150			
	100				200				200				200			
3. Ширина, м: - проезжей части - обочины - моста	4,5 0,5 4,5	5,5 1,0 4,5	6 1,5 5	7,5 2,0 7,5	6,0 1,5 6,0	6,0 2,0 7,0	5,5 1,0 6,5	7,5 3,0 9,5	5,5 1,5 5,5	4,5 0,5 3,5	6,0 1,5 5,0	7,0 2,0 7,0	5 2,0 5,5	6 1,5 5,5	8 2,0 7,0	
4. Интенсивность движения, авт/сут	200	350	600	3500	1000	1000	600	5000	1000	300	400	1000	300	400	4000	

Продолжение табл. 14

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
5. Радиусы кривых в плане (последовательно, слева-направо)	100, 300, 800			150, 400, 150			200, 500, 2000			200, 400, 700			100, 400, 700			
6. Число полос движения по проезжей части	2															
7. Расстояние от застройки до проезжей части и ее характеристика, м	5 м без тротуаров и полос местного движения			5-10 м, имеются тротуары		15-20 м, имеются полосы местного движения			5 м, полосы местного движения отсутствуют, тротуары есть			5-10 м, имеются тротуары		5-10 м, имеются тротуары		15-20 м имеются полосы местного движения
8. Коэффициент сцепления, φ_{20} (эталонное сухое покрытие)	принять по таблице 9															
9. Сезон года	зима		осень			лето		осень			зима		осень	весна	зима	



Рисунок 9 - График коэффициентов аварийности

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Козликин В.И. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог и городских улиц [Текст]: учеб. пособие / В.И. Козликин; Курск. гос. техн. ун-т. Курск, 2008. 190с.
2. Сильянов, В.В. Транспортно-эксплуатационные качества автомобильных дорог [Текст]/ В.В. Сильянов. М.: Транспорт, 1984. 287с.
3. Ремонт и содержание автомобильных дорог: справочник инженера-дорожника [Текст]/ А.П. Васильев, В.И. Баловнев [и др.]. М.: Транспорт, 1989. 287с.
4. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения: Учебник для ВУЗов [Текст]/ А.П. Васильев, В.М. Сиденко. М.: Транспорт, 1990. 304с.
5. Указания по обеспечению безопасности движения на автомобильных дорогах (ВСН 25-86)/ Минавтодор РСФСР. М.: Транспорт, 1988. 183с.
6. СНиП 2.05.02-85*. Автомобильные дороги/ Госстрой России. М.: ФГУП ЦПП, 2004.54с.