

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства»
(ПГУАС)

А.П. Бажанов

ОБЩИЙ КУРС ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Учебно-методическое пособие к практическим работам
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

Пенза 2016

УДК 625+656.6/.7+621.644(075.8)

ББК 39я73

Б16

Рекомендовано Редсоветом университета

Рецензент – кандидат технических наук, доцент кафедры «Геотехника и дорожное строительство» ПГУАС А.Ф. Чичкин

Бажанов А.П.

Б16 **Общий курс путей сообщения. учеб.-метод. пособие к практическим работам по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2016. – 72 с.**

Приведены: содержание практической работы, тексты задач, примеры их выполнения и варианты заданий по выполнению практических задач.

Материал учебно-методического пособия ориентирован на практическое усвоение материала по дисциплине «Общий курс путей сообщения», а также на решение примеров, связанных с повышением транспортно-эксплуатационных качеств автомобильных дорог.

Учебно-методическое пособие к практическим работам подготовлено на кафедре «Геотехника и дорожное строительство» и предназначено для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», направленность подготовки «Автомобильные дороги» по видам деятельности изыскательская, проектно-конструкторская и производственно-технологическая, изучающих дисциплину «Общий курс путей сообщения», а также может быть использовано инженерно-техническими работниками дорожного строительства

© Пензенский государственный университет
архитектуры и строительства, 2016

© Бажанов А.П., 2016

ВВЕДЕНИЕ

Пути сообщения во всем мире выступают как фактор развития общества, хозяйственного и культурного общения народов, освоения новых жизненных пространств и природных богатств. Они занимают значительный объем капитальных вложений в общей структуре единой транспортной системы страны. От состояния путей сообщения в значительной степени, зависит эффективность функционирования подвижного состава.

Учебно-методическое пособие к практическим занятиям по дисциплине «Общий курс путей сообщения» написано в соответствии с программой цикла дисциплин ФГОС ВО по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство (квалификация «академический бакалавр»).

В пособии представлены содержание практической работы, тексты задач, примеры их выполнения и варианты заданий по выполнению практических задач, а также упражнения и виды практических задач по оценке качества строительно-монтажных работ при строительстве автомобильных дорог.

Материал учебно-методического пособия ориентирован на практическое усвоение материала по дисциплине «Общий курс путей сообщения» и направлен на формирование следующих компетенций:

– знание нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест.

– владение методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированных проектирования.

– способность проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций):

Знать:

– Основные подходы к вопросам использования нормативной базы в области инженерных изысканий и принципов проектирования путей сообщения, автомобильных дорог, их инженерных систем и оборудования.

– Методы проведения инженерных изысканий, технологию проектирования деталей и конструкций путей сообщения и автомобильных дорог в

соответствии с техническим заданием на них с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.

– Основные требования по вопросам проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений в процессе проектирования путей сообщения и автомобильных дорог, разработки на них проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ, контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Уметь:

– Грамотно использовать нормативную базу в области инженерных изысканий и принципов проектирования путей сообщения, автомобильных дорог, их инженерных систем и оборудования.

– Грамотно использовать методы проведения инженерных изысканий, технологию проектирования деталей и конструкций путей сообщения и автомобильных дорог в соответствии с техническим заданием на них с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.

– Выполнять основные требования по вопросам проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений в процессе проектирования путей сообщения и автомобильных дорог, разработки на них проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ, контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Владеть:

– Основными подходами к вопросам использования нормативной базы в области инженерных изысканий и принципов проектирования путей сообщения, автомобильных дорог, их инженерных систем и оборудования.

– Методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций путей сообщения и автомобильных дорог в соответствии с техническим заданием на них с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.

– Основными требованиями по вопросам проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений в процессе проектирования путей сообщения и автомобильных дорог, разработки на них проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ, контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Иметь представление:

– Об основных подходах к вопросам использования нормативной базы в области инженерных изысканий и принципов проектирования путей сообщения, автомобильных дорог, их инженерных систем и оборудования.

– О методах проведения инженерных изысканий, технологии проектирования деталей и конструкций путей сообщения и автомобильных дорог в соответствии с техническим заданием на них с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.

– Об основных требованиях по вопросам проведения предварительного технико-экономического обоснования проектных решений в процессе проектирования путей сообщения и автомобильных дорог, разработки на них проектной и рабочей технической документации, оформления законченных проектно-конструкторских работ, контроля соответствия разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Практическая работа состоит из пояснительной записки и графического материала. Пояснительная записка выполняется на листах белой писчей бумаги формата А4 (210×297 мм), за исключением, расчетных схем и графиков, которые выполняются на миллиметровой бумаге того же формата. Каждый лист пояснительной записки имеет рамку с полями. Каждый раздел начинается с новой страницы. Изложение материала в разделе производится в соответствии с заданием по выполнению практических работ.

2. ТЕКСТЫ ЗАДАЧ, ПРИМЕРЫ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ

Практическое занятие №1 по теме №4 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Установление перспективной интенсивности движения.

Задание на практическое занятие. По результатам титульных экономических обследований с учетом прогнозов изменения состава движения и эксплуатационных показателей работы парка автомобилей на проектируемой дороге ожидается грузонапряженность перегона $Q_{\Gamma} = 2060$ тыс. нетто т/год. Ориентировочно в составе движения на перспективу ожидается $\alpha_1 = 26\%$ грузовых автомобилей малой грузоподъемности q_1 (менее 2,5 т), $\alpha_2 = 60\%$ средней q_2 (от 2,5 до 5 т) и $\alpha_3 = 14\%$ большой грузоподъемности q_3 (более 5 т).

Пример выполнения задания на практическое занятие.

Интенсивность движения грузовых автомобилей (авт./сут), выполняющих основной объем перевозок

$$N_{\text{гр}} = Q_{\Gamma} / (q_{\text{ср}} \gamma \beta T_{\text{раб}}), \quad (1.1)$$

где $q_{\text{ср}}$ – средняя грузоподъемность автомобилей, т;

γ – коэффициент использования грузоподъемности автомобиля. Обычно $\gamma = 0,78 \dots 0,9$ (примем $\gamma = 0,8$);

β – коэффициент использования пробега автомобилей, который принимается в пределах $0,55 \dots 0,65$ (примем $\beta = 0,60$);

$T_{\text{раб}}$ – расчетное число дней работы автомобильного транспорта в году. Для дорог общегосударственного и республиканского значения $T_{\text{раб}} = 275$ дней.

Среднюю грузоподъемность автомобилей в потоке получим по формуле

$$q_{\text{ср}} = q_1\alpha_1 + q_2\alpha_2 + \dots + q_n\alpha_n, \quad (1.2)$$

где α_n – доля автомобилей каждой группы в составе потока грузовых автомобилей.

В нашем случае

$$q_{\text{ср}} = 1 \cdot 0,26 + 3 \cdot 0,60 + 8 \cdot 0,14 = 3,18 \text{ т.}$$

Тогда среднегодовая суточная интенсивность движения грузов автомобилей на дороге составит:

$$N_{\text{гр}} = 2060000 / (3,18 \cdot 0,80 \cdot 0,60 \cdot 275) = 4908 \text{ авт./сут.}$$

Интенсивность грузовых автомобилей, выполняющих мелкие перевозки по хозяйственно-эксплуатационному обслуживанию производства и населения N_x и специальных автомобилей N_c (краны, автопогрузчики, гудронаторы, техпомощи, буровые машины, трейлеры, рефрижераторы и т.п.), принимаем в долях от потока основных грузовых автомобилей:

$$N_x = aN_{\text{гр}}; N_c = bN_{\text{гр}}, \quad (1.3)$$

Для дорог в густонаселенной местности с высокоразвитыми производительными силами (с расстоянием между населенными пунктами 10 км и менее) принимают коэффициенты: $a = 0,35$; $b = 0,10$.

Следовательно:

$$N_x = 0,35 \cdot 4908 = 1718 \text{ авт./сут.};$$

$$N_c = 0,10 \cdot 4908 = 491 \text{ авт./сут.}$$

При отсутствии специальных обследований и анализа интенсивности движения легковых автомобилей $N_{\text{л}}$ и автобусов $N_{\text{а}}$ ее рекомендуется рассчитывать в долях от суммарной интенсивности движения автомобилей, занятых на перевозке грузов и хозяйственном обслуживании:

$$N_{\text{л}} = c(N_{\text{гр}} + N_x + N_c); N_{\text{а}} = d(N_{\text{гр}} + N_x + N_c). \quad (1.4)$$

В густонаселенной местности, описанной выше, принимают $c = 0,8$ и $d = 0,2$. Тогда:

$$N_{\text{л}} = 0,8(4908 + 1718 + 491) = 5694 \text{ авт./сут.};$$

$$N_{\text{а}} = 0,2(4908 + 1718 + 491) = 1423 \text{ авт./сут.}$$

Суммарная годовая суточная интенсивность движения

$$N_{\text{сут}} = N_{\text{гр}} + N_{\text{х}} + N_{\text{с}} + N_{\text{л}} + N_{\text{а}}. \quad (1.5)$$

В нашем случае

$$N_{\text{сут}} = 4908 + 1718 + 491 + 5694 + 1423 = 14234 \text{ авт./сут.}$$

Автомобильная дорога с таким значительным транспортным потоком должна быть отнесена к I категории.

В качестве расчетной часовой интенсивности движения принимают среднюю интенсивность за наиболее напряженные в течение суток 10 дневных часов, которая приблизительно равна:

$$N_{\text{час}} = 0,1N_{\text{сут}} = 1420 \text{ авт./ч.}$$

Коэффициент перехода от суточной интенсивности к часовой интенсивности движения может иметь значения в пределах 0,076–0,1.

При расчете интенсивности движения для периода максимальных перевозок среднегодовую суточную интенсивность движения умножают на коэффициент сезонной неравномерности перевозок, определяемый по формуле

$$\eta = 12Q_{\text{мес}} / Q_{\text{год}}, \quad (1.6)$$

где $Q_{\text{мес}}$ – объем перевозок наиболее напряженного в году месяца, тыс. т.

По данным экономических исследований $Q_{\text{мес}} = 240$ тыс. т. Следовательно,

$$\eta = 12 \cdot 240 / 2060 = 1,40.$$

Таким образом, расчетная максимальная среднесуточная интенсивность движения

$$N_{\text{max}} = 14234 \cdot 1,40 = 19928 \text{ авт./сут.}$$

Результаты расчета интенсивности движения с учетом коэффициента η приведены в табл. 1.1.

Т а б л и ц а 1 . 1

Тип автомобиля	Марка автомобиля	Интенсивность движения, авт./сут	Расчетная скорость движения, км/ч
1	2	3	4
Легковые	ЗАЗ-968	550	80
	ВАЗ-2101	4820	100
	ГАЗ-24	2532	125
	ЗИЛ-114	70	150
	Всего	7972	

Окончание табл. 1.1

1	2	3	4
Автобусы	РАФ-2203	242	60
	ПАЗ-672	700	55
	ЛАЗ-697	1050	55
	Всего	1992	
Грузовые	УАЗ-452	2434	75
	ГАЗ-53А	1550	45
	ЗИЛ-130	4000	60
	МАЗ-500	1300	45
	Всего	9284	
Автопоезда (тягач и прицеп)	МАЗ-500А и МАЗ-866	425	30
	КамАЗ-5320 и ГКБ-8350	145	40
	КрАЗ-258 и С-652	110	40
	Всего	680	
	Итого	19984	

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Грузонапряженность проектируемой дороги Q_r , тыс.нетто т/год	Доля грузовых автомобилей в потоке α_n , %		
		малой грузоподъемности q_1	средней грузоподъемности q_2	большой грузоподъемности q_3
1	2	3	4	5
1	1910	21	66	13
2	1940	22	64	14
3	1970	23	62	15
4	2000	24	60	16
5	2030	25	58	17
6	2060	26	56	18
7	2090	27	54	19
8	2120	28	52	20
9	2150	29	50	21
10	2180	30	48	22
11	2190	33	43	24
12	2200	31	35	34
13	2210	42	30	28
14	2218	45	27	33
15	2220	36	43	21
16	2223	21	35	34
17	2230	28	38	24
18	2240	32	47	21
19	2245	44	30	26
20	2250	42	28	30
21	2120	28	52	20
22	2150	29	50	21
23	2180	30	48	22
24	2190	33	43	24
25	2200	31	35	34

Практическое занятие №2 по теме №4 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Обоснование продольного уклона дороги для смешанного транспортного потока.

Задание на практическое занятие. Тип покрытия – усовершенствованное капитальное (цементобетонное или асфальтобетонное). Автомобиль легковой ВАЗ-2101, его перспективная интенсивность движения 4820 авт./сут, полный вес $G = 13500$ Н, сцепной вес $G_{\text{сц}} = 7475$ Н, расчетная скорость движения 100 км/ч.

Пример выполнения задания на практическое занятие.

При наличии динамических характеристик автомобилей продольный уклон можно определять графоаналитическим методом. Вычисляем динамический фактор, выражающий удельную силу тяги автомобиля, которая может расходоваться на преодоление дорожных сопротивлений:

$$D = f + i + \delta j, \quad (2.1)$$

где f – коэффициент сопротивления качению;
 i – продольный уклон дороги;
 δ – коэффициент, учитывающий инерцию вращающихся масс автомобиля ($\delta = 1,0 + ni_k^2$);
 n – коэффициент, значение которого для легковых автомобилей равно 0,03–0,05;
 i_k – передаточное число коробки передач;
 $j = \frac{a}{g}$ – относительное ускорение;
 $a = dv_a / dt$ – ускорение автомобиля;
 g – ускорение свободного падения.

Так как расчет продольного уклона мы ведем при равномерном движении автомобиля с постоянной скоростью, то произведение δj в формуле (2.1) становится равным нулю, т.е.

$$D = f + i. \quad (2.2)$$

По предложению академика Е.А. Чудакова динамический фактор определяется как разница между полной силой тяги P_a на ведущих колесах автомобиля и сопротивлением воздушной среды P_b , отнесенная к весу автомобиля G :

$$D = \frac{P_a - P_b}{G}, \quad (2.3)$$

где P_a , P_b , G в ньютонах.

По расчетной скорости и динамическим характеристикам находятся значения динамических факторов D и, исходя из формулы (2.1), вычисляются наибольшие продольные уклоны i для каждой марки автомобилей.

С другой стороны, наибольший продольный уклон должен обеспечивать возможность движения автомобилей на подъемах без проскальзывания. Это условие будет обеспечено, если тяговые усилия P_a автомобиля не будут превышать силу сцепления $F_{сц}$.

$$P_a \leq F_{сц}. \quad (2.4)$$

Сила сцепления $F_{сц}$ определяется по формуле

$$F_{сц} = \varphi_1 G_{сц}, \quad (2.5)$$

где φ_1 – коэффициент продольного сцепления автомобильной шины с поверхностью дорожного покрытия;

$G_{сц}$ – часть веса, приходящаяся на ведущую ось автомобиля (цепной вес), Н.

Соппротивление воздуха P_v зависит от скорости движения автомобиля v_a , км/ч, его лобовой площади F , м², и коэффициента обтекаемости автомобиля K , кг/м³:

$$P_v = KFv_a^2 / 13. \quad (2.6)$$

Примерные значения лобовой площади F и коэффициентов обтекаемости K для автомобилей различных типов можно взять из справочника (табл. 2.1) или приближенно определить по формулам:

$$F = 0,8B_{Г}H_{Г}; \quad (2.7)$$

$$F = 0,9B_{Г}H_{Г}, \quad (2.8)$$

где $B_{Г}$ и $H_{Г}$ – габаритные размеры автомобиля.

Формулой (2.8) следует пользоваться при определении лобовой площади автобусов и грузовых автомобилей с кузовом типа фургон.

Т а б л и ц а 2 . 1

Типы автомобилей	F , м ²	K , кг/м ³
Легковые	1,6–2,6	0,15–0,34
Автобусы	3,5–7,0	0,42–0,50
Грузовые с кузовом бортовая платформа фургон	3,0–5,3	0,55–0,60
	3,5–8,0	0,38–0,80

Динамический фактор при определении продольного уклона находят по графикам, изображающим зависимость динамического фактора от скорости движения автомобиля на всех его передачах. Такие графики (рис. 2.1–2.3) принято называть динамическими характеристиками.

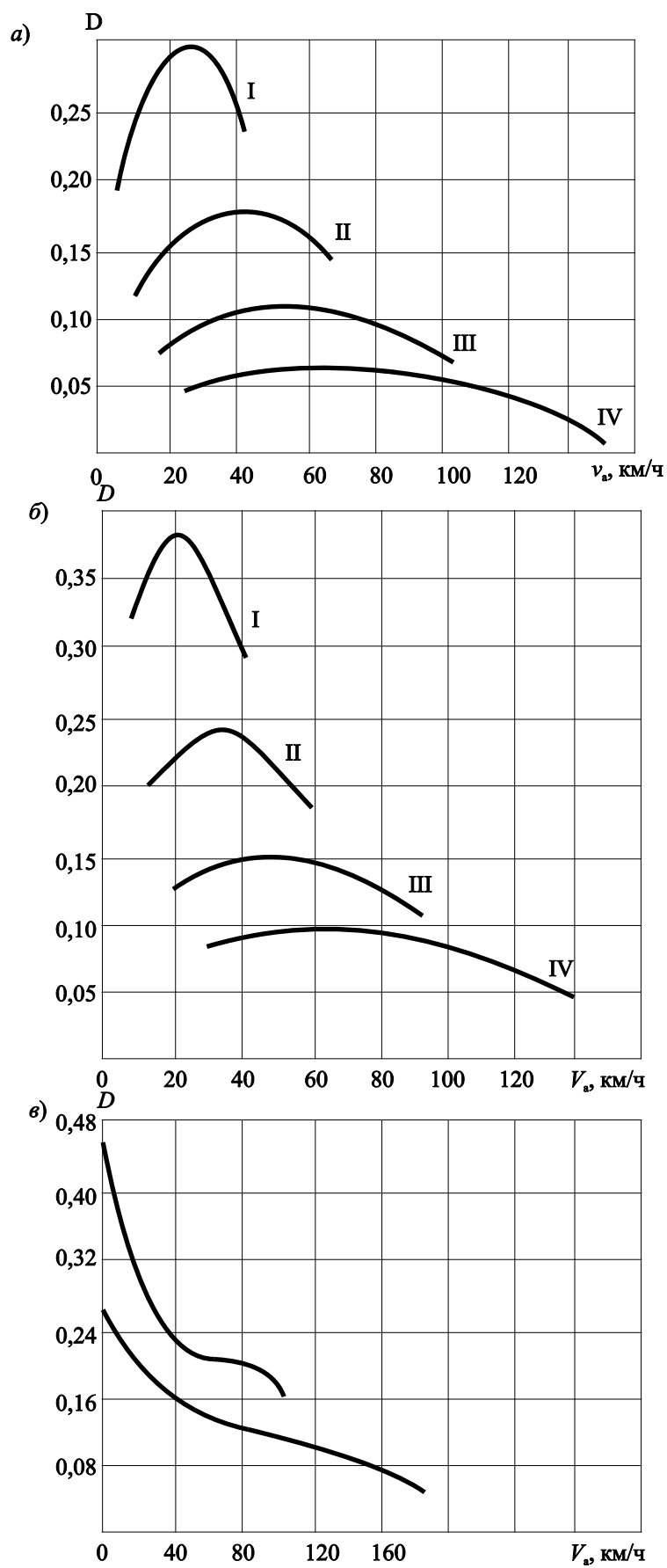


Рис. 2.1 Динамические характеристики легковых автомобилей:
а – ВАЗ-2101; б – ГАЗ-24; в – ЗИЛ-114; I-IV – передачи

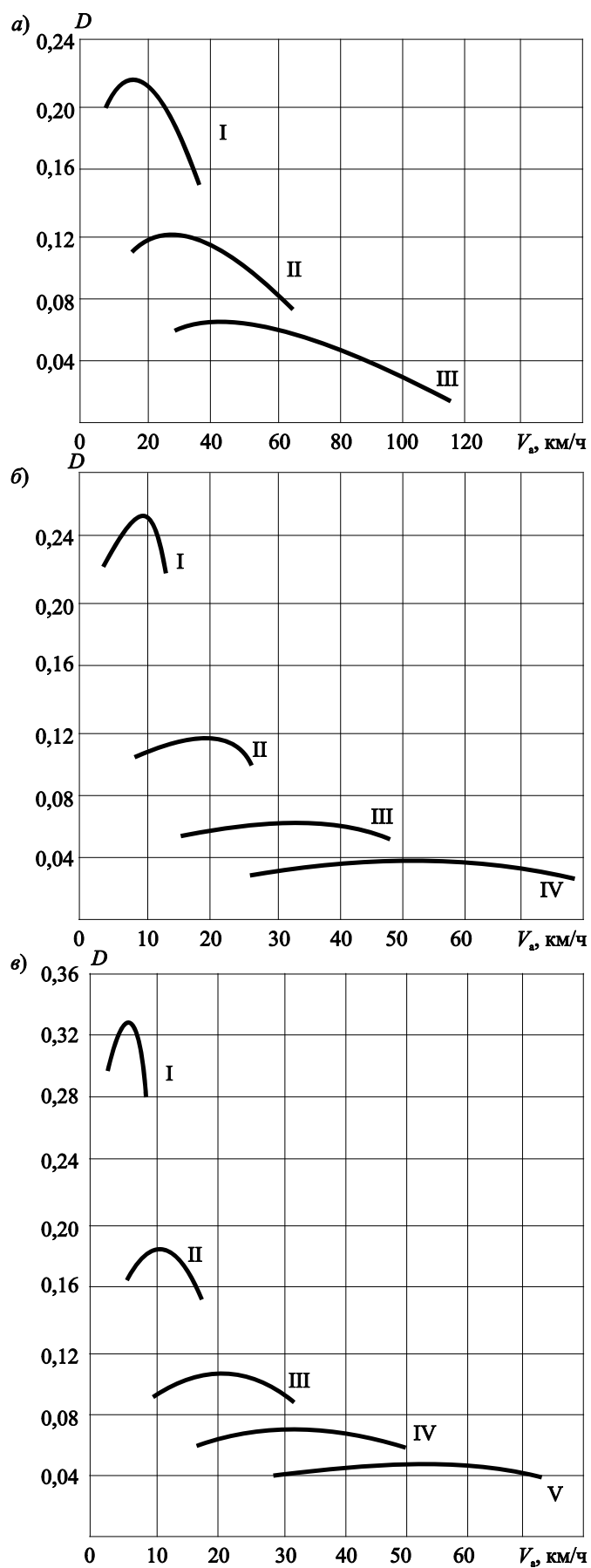


Рис. 2.2. Динамические характеристики грузовых автомобилей:
 а – ГАЗ-53А; б – ЗИЛ-130; в – МАЗ-500; I-V – передачи

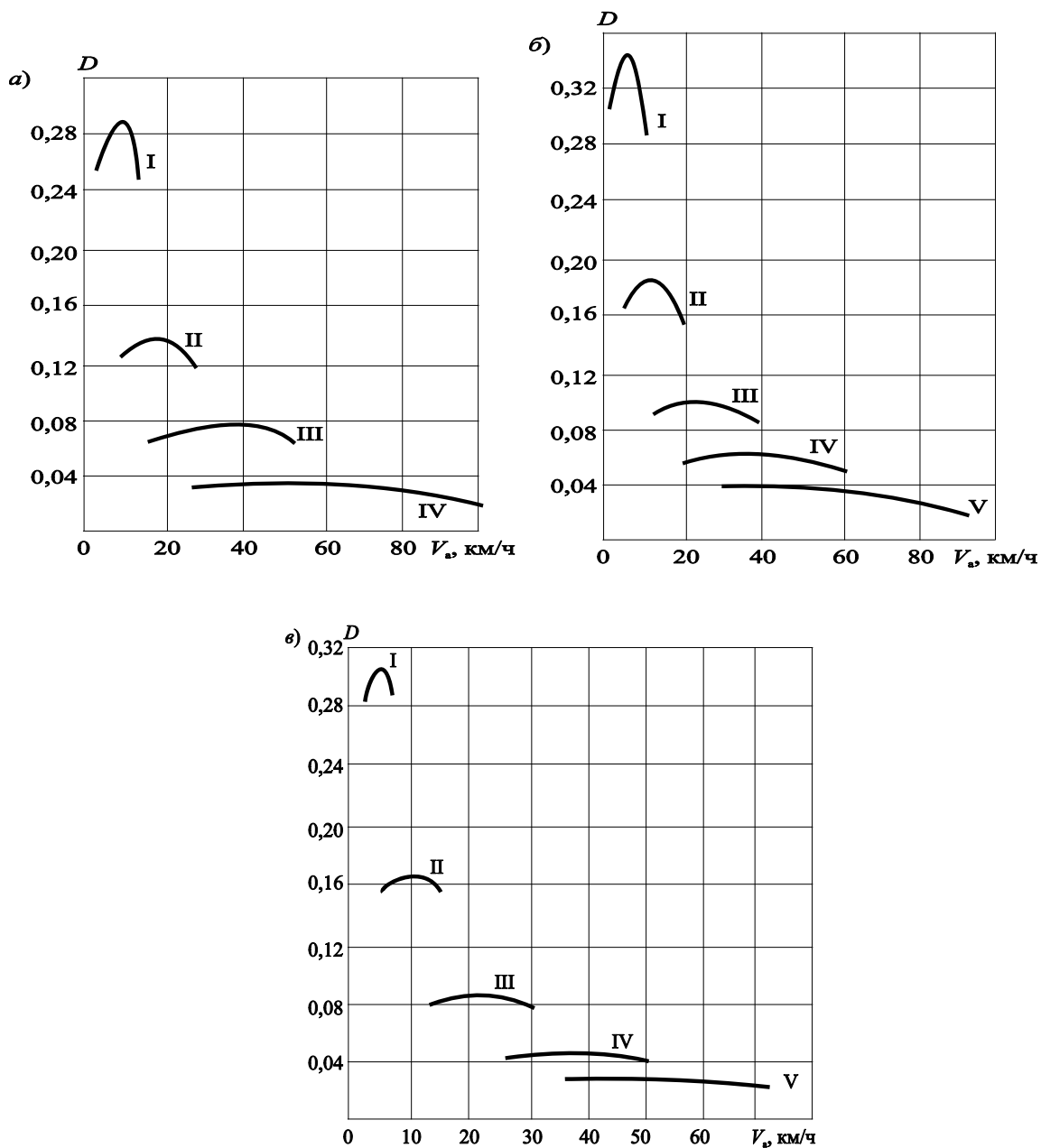


Рис. 2.3. Динамические характеристики автобусов:
а – РАФ-2203; б – ПАЗ-672; в – ЛАЗ-697Е; I-V – передачи

Коэффициент сопротивления качению для усовершенствованных видов покрытий при скоростях движения до 50 км/ч практически не меняется и может быть принят постоянным (при ровном состоянии покрытий), равным 0,007–0,012, а при скоростях свыше 50 км/ч необходимо ввести исправленное значение, применяя эмпирическую формулу

$$f_v = f_0[1 + 0,01(v_a - 50)], \quad (2.9)$$

где v_a – скорость движения автомобиля, км/ч;

f_0 – коэффициент сопротивления качению при скоростях до 50 км/ч.

При определении продольного уклона дороги принимаем $f_0=0,010$. Тогда по расчетной скорости и динамическим характеристикам находим значения динамических факторов и вычисляем наибольшие продольные уклоны для автомобилей каждой марки по формуле

$$i_{\max} = D - f. \quad (2.10)$$

Например, для автомобиля ВАЗ-2101 по динамической характеристике (см. рис. 2.1, а) при расчетной скорости 100 км/ч динамический фактор равен 0,070. Коэффициент сопротивления качению с поправкой на скорость движения

$$f_{100} = 0,010[1 + 0,01(100 - 50)] = 0,015,$$

а наибольший продольный уклон

$$i_{\max} = 0,070 - 0,015 = 0,055 \text{ или } 55 \text{ \%}.$$

Результаты аналогичных расчетов для автомобилей других марок записываем в табл. 2.2.

Т а б л и ц а 2 . 2

Марка автомобиля	D	v_a км/ч	f_v	i_{\max} , ‰	Скорость движения при уклоне 30 ‰, км/ч
ВАЗ2101	0,070	100	0,015	55	124
ГАЗ24	0,060	120	0,017	43	128
ЗИЛ-114	0,075	150	0,020	55	165
ГАЗ-53А	0,060	60	0,011	49	90
ЗИЛ-130	0,038	55	0,011	27	52
МАЗ-500	0,040	55	0,011	59	48
РАФ-2203	0,070	45	0,010	60	50
ПАЗ-672	0,050	60	0,011	39	60
ЛАЗ-697Е	0,042	45	0,010	35	50

Из приведенных в табл. 2.2 данных видно, что большинство автомобилей могут двигаться по дороге с продольным уклоном 30 ‰ с расчетными скоростями движения. При этом скорости легковых автомобилей будут находиться в пределах 110–150 км/ч (в зависимости от марки автомобиля).

Для уточнения скоростей движения автомобилей решим обратную задачу – определим дорожные сопротивления. Для этого вычислим динамический фактор и по динамическим характеристикам найдем равновесные скорости движения:

$$D = f_v + i = f_v + 0,03.$$

Так, для автомобиля ГАЗ-24 динамический фактор

$$D = 0,017 + 0,030 = 0,047.$$

На графике динамической характеристики (см. рис. 2.1, б) это значение динамического фактора соответствует скорости движения 128 км/ч.

Результаты аналогичных расчетов для всех автомобилей записываем в последнюю колонку табл. 2.2. Выполненные расчеты подтверждают возможность назначения наибольшего продольного уклона 30 %.

Полученное значение наибольшего продольного уклона должно обеспечивать возможность движения автомобилей на подъемах без пробуксовывания. Это условие будет обеспечено, если принятые при расчете продольного уклона 30 % динамические факторы не будут превышать значений динамических факторов, вычисленных по условиям сцепления $D_{\text{сц}}$, которые согласно выражениям (2.3–2.5), определяются удельной силой сцепления $F_{\text{сц}}$, возникающей в площади контакта ведущих колес автомобиля с покрытием и коэффициентом продольного сцепления автомобильной шины с его поверхностью.

$$D_{\text{сц}} = (\varphi_1 G_{\text{сц}} - P_{\text{в}}) / G. \quad (2.11)$$

При расчетах динамических факторов по сцеплению обычно принимают неблагоприятное для движения мокрое и грязное состояние покрытия, при котором коэффициент продольного сцепления φ_1 равен 0,18–0,20.

Тогда для автомобиля ВАЗ-2101 с основными характеристиками $G = 13,55$ кН, $G_{\text{сц}} = 7,4$ кН, $F = 0,8 B_{\Gamma} H_{\Gamma} = 0,8 \cdot 1,61 \cdot 1,44 = 1,85$ м²; $K = 0,25$ кг/м³; $v_a = 100$ км/ч:

$$P_{\text{в}} = 0,25 \cdot 1,85 \cdot 100^2 / 13 = 4620 / 13 = 355 \text{ Н.}$$

$$D_{\text{сц}} = (0,2 \cdot 7400 - 355) / 13550 = 0,109 - 0,026 = 0,083.$$

Таблица 2.3

Марка автомобиля	$G_{\text{сц}} / G$	$P_{\text{в}}$ Н	$P_{\text{в}} / G$	$D_{\text{сц}}$	$i_{\text{max}}^{\text{сц}}$, ‰
ВАЗ-2101	0,546	356	0,026	0,083	68
ГАЗ-24	0,523	505	0,028	0,077	60
ЗИЛ-114	0,534	1080	0,030	0,077	67
РАФ-2203	0,539	207	0,008	0,100	89
ПАЗ-672	0,676	318	0,004	0,131	120
ЛАЗ-697Е	0,665	418	0,004	0,129	118
ГАЗ-53А	0,755	327	0,004	0,147	137
ЗИЛ-130	0,73	678	0,007	0,139	129
МАЗ-500	0,675	492	0,003	0,132	122

Продольный уклон, который автомобиль ВАЗ-2101 может преодолеть без буксования,

$$i_{\max} = D_{\text{сц}} - f_v = 0,083 - 0,015 = 0,068 \text{ или } 68 \text{ ‰.}$$

Поскольку $68 \text{ ‰} > 30 \text{ ‰}$ (см. табл. 2.2), то критерием, определяющим наибольший уклон, при котором обеспечивается движение автомобиля ВАЗ-2101, будет значение уклона (55 ‰), вычисленного из условия достаточности силы тяги.

Аналогичные расчеты, выполненные для других автомобилей, сведены в табл. 2.3. Как видно из табл. 2.3, для всех рассмотренных автомобилей продольные уклоны из условия недопущения буксования оказываются выше уклонов, вычисленных по силе тяги.

Следовательно, за расчетный продольный уклон следует принять 30 ‰ .

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Тип автомобиля	Марка автомобиля	Интенсивность движения, авт./сут	Полный вес автомобиля G , Н	Сцепной вес автомобиля $G_{\text{сц}}$, Н	Расчетная скорость движения, км/ч
1	2	3	4	5	6	7
1	Легковые	ВАЗ-2101	4820	13500	7475	100
2		ВАЗ-2101	5000	13500	7475	110
3		ВАЗ-2101	5350	13500	7475	120
4		ВАЗ-2101	6350	13500	7475	125
5		ГАЗ-24	2532	18035	9432	120
6		ГАЗ-24	2635	18035	9432	125
7		ЗИЛ-114	70	36000	19224	135
8		ЗИЛ-114	110	36000	19224	150
9		ЗИЛ-114	140	36000	19224	140
10	Автобусы	РАФ-2203	242	25875	13947	60
11		РАФ-2203	442	25875	13947	80
12		РАФ-2203	342	25875	13947	70
13		ПАЗ-672	700	79500	53742	60
14		ПАЗ-672	900	79500	53742	80
15		ПАЗ-672	800	79500	53742	70
16		ЛАЗ-697	1050	104500	69493	65
17		ЛАЗ-697	1250	104500	69493	70
18	Грузовые	ГАЗ-53А	1550	81750	61721	45
19		ГАЗ-53А	2000	81750	61721	55
20		ГАЗ-53А	1650	81750	61721	65
21		ЗИЛ-130	4000	96857	70705	60
22		ЗИЛ-130	3500	96857	70705	65
23		ЗИЛ-130	5000	96857	70705	65
24		МАЗ-500	1300	164000	110700	45
25		МАЗ-500	1400	164000	110700	50

Практическое занятие №3 по теме №5 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Установление наименьшего радиуса кривых в плане и продольном профиле автомобильной дороги Обоснование продольного уклона дороги для смешанного транспортного потока.

Задание на практическое занятие. Установить наименьшие радиусы для двух автомобильных дорог: автомобильной магистрали с расчетной скоростью движения 150 км/ч и примыкающей к ней автомобильной дороги III категории с расчетной скоростью 100 км/ч. Дороги пролегают по средней полосе.

Пример выполнения задания на практическое занятие.

Кривые в плане. Радиус кривой в плане при уклоне к центру и от центра кривой находится из выражений:

– при уклоне к центру кривой:

$$R = \frac{v^2}{127(\mu + i_2)}; \quad (3.1)$$

– при уклоне от центра кривой:

$$R = \frac{v^2}{127(\mu - i_2)}, \quad (3.2)$$

где v – расчетная скорость движения, км/ч;

μ – коэффициент поперечной силы;

i_2 – поперечный уклон проезжей части (для цементобетонных и асфальтобетонных ровных покрытий $i_2=0,02$).

Устойчивость автомобиля при движении по кривой зависит от принятого значения коэффициента поперечной силы, которое должно удовлетворять одновременно требованиям безопасности (отсутствие возможности опрокидывания и заноса автомобиля при мокром покрытии), комфортабельности движения и ограниченного повышения расхода топлива и износа шин. При этом движение автомобиля рассматривается на наружной относительно центра кривой полосе движения, а для расчета наименьшего радиуса кривой в плане используется формула (3.2).

Коэффициент поперечной силы определяется отношением равнодействующей активных сил (составляющие массы автомобиля и центробежной силы), приложенной к центру тяжести автомобиля и стремящейся опрокинуть или сдвинуть автомобиль по покрытию, к весу автомобиля. В площади контакта шин с дорожным покрытием возникают поперечные реактивные силы, направленные к центру закругления. Отношение равнодействующей этих сил к весу автомобиля называют коэффициентом поперечного сцепления. Коэффициент поперечного сцепления зависит от состояния покрытия, скорости движения, строения поверхности покрытия, конструкции и размера шин и многих других факторов.

В России при расчете наименьших радиусов в плане рассматривают движение автомобиля по мокрому чистому покрытию. При этом коэффициент поперечного сцепления принимают в качестве основного критерия и формула радиуса кривых в плане имеет вид:

$$R = \frac{v^2}{127(\varphi_2 - i_2)}. \quad (3.3)$$

За расчетное значение коэффициента поперечного сцепления принимают $\varphi_2 = 0,05 \dots 0,10$.

После подстановки в выражение (3.3) числовых значений расчетных скоростей движения для магистрали и подъездной дороги из задания и вычисления имеем:

– для автомобильной магистрали

$$R_m = \frac{150^2}{127(0,08 - 0,02)} = 2952,8 \approx 3000 \text{ м};$$

– для подъезда к магистрали

$$R_{\text{пд}} = \frac{100^2}{127(0,08 - 0,02)} = 1312 \text{ м}.$$

Округляя значение $R_{\text{пд}}$ в большую сторону, принимаем 1350 м. В исключительных случаях допускается применять меньшие радиусы, но с устройством виража, т.е. односкатной проезжей части с уклоном к центру кривой. В этом случае вираж воспринимает часть поперечной силы и значение коэффициента поперечного сцепления можно увеличить до 0,15–0,20, но при этом возрастают расход топлива и износ шин.

Действующие СНиП 11-Д.5-72 (п. 3.18) рекомендуют поперечные уклоны проезжей части на виражах i_B принимать (в скобках указаны уклоны виража при частых гололедах):

Радиусы кривых в плане, м	≥ 2000	1000	700	650	≤ 600
Поперечный уклон виража, ‰	20(20)	30(30)	40(40)	50(40)	60(40)

Учитывая частые случаи гололедов в России, значение уклона виража принимаем 40‰, а величину коэффициента поперечного сцепления 0,15 (для магистрали) и 0,16 (для подъездной дороги). Изменяя знак перед поперечным уклоном в формуле (3.3) и подставляя принятые значения, получим радиусы, при которых необходимо устройство виража:

– для автомобильной магистрали

$$R_{\text{мв}} = \frac{150^2}{127(0,15 + 0,04)} = 932,4 \approx 1000 \text{ м};$$

– для подъездной дороги

$$R_{\text{пдв}} = \frac{100^2}{127(0,16 + 0,04)} = 393,7 \approx 400 \text{ м.}$$

Определим, какие значения радиусов кривых в плане обеспечат видимость в ночное время с учетом ухудшения ее за счет неподвижного закрепления фар и сокращения длины участка, освещенного фарами, с уменьшением радиуса. Радиус R_B , при котором видимость поверхности проезжей части будет соответствовать расчетному расстоянию видимости, может быть вычислена по формуле

$$R_B \cong \frac{30S_B}{\alpha}, \quad (3.4)$$

где S_B – расстояние видимости поверхности дороги, м;

α – угол расхождения пучка света фар, градусы ($\alpha = 2^\circ$).

Расстояние видимости поверхности дороги S_B находится из выражения

$$S_B = \frac{vt}{3,6} + \frac{Kv^2}{254(\varphi + i)} + l_3, \quad (3.5)$$

где v – расчетная скорость, км/ч;

t – время реакции водителя, принимаемое равным 1 с;

K – коэффициент эксплуатационных условий торможения (для легковых автомобилей $K = 1,3$, для грузовых – $K = 1,85$;

φ – коэффициент продольного сцепления при торможении на чистых покрытиях, принимаемый равным 0,5;

i – продольный уклон, принимаем равным 40 ‰;

l_3 – запас пути перед препятствием, принимаемый равным 5 м.

Из выражения (3.5) найдем расстояния видимости поверхности дороги S_B для автомобильной магистрали $S_{\text{МВ}}$ и подъездной дороги $S_{\text{пдв}}$, обеспечивающие видимость в ночное время и радиусы кривых в плане для автомобильной магистрали $R_{\text{ВМН}}$ и подъездной дороги $R_{\text{ВПДН}}$:

– для автомобильной магистрали

$$S_{\text{МВ}} = \frac{150 \cdot 1}{3,6} + \frac{1,3 \cdot 150^2}{254 \cdot (0,5 + 0,04)} + 5 = 277,0 \approx 280 \text{ м};$$

$$R_{\text{ВМН}} \cong \frac{30S_{\text{М}}}{\alpha} = \frac{30 \cdot 280}{2} \cong 4200 \text{ м}; \quad (3.6)$$

– для подъездной дороги

$$S_{\text{пдв}} = \frac{100 \cdot 1}{3,6} + \frac{1,3 \cdot 100^2}{254 \cdot (0,5 + 0,04)} + 5 = 132,2 \approx 140 \text{ м};$$

$$R_{\text{впдн}} \cong \frac{30S_{\text{м}}}{\alpha} = \frac{30 \cdot 140}{2} \cong 2100 \text{ м.} \quad (3.7)$$

В случае применения сопряженных обратных круговых кривых наименьших радиусов между концом одной кривой и началом соседней с ней кривой обратного направления требуется прямая вставка. Длина этой вставки не должна быть меньше длины отгона виража и длины переходной кривой (из расчета размещения на прямой вставке половины длины отгона виража или половины длины переходной кривой одного закругления и соответствующих половинок другого закругления).

Длину отгона виража определяем в зависимости от ширины проезжей части b , поперечного уклона виража $i_{\text{в}}$ и дополнительного уклона $i_{\text{д}}$, возникающего при подъеме наружной кромки проезжей части над проектным уклоном при отгоне виража:

$$L_{\text{отг}} = \frac{bi_{\text{в}}}{i_{\text{д}}}. \quad (3.8)$$

При расчете принимаем:

– для автомагистрали при раздельном вращении проезжих частей вокруг внутренней кромки с учетом $i_{\text{в}} = 40 \text{ ‰}$, $b = 11,25 \text{ м}$, $i_{\text{д}} = 5 \text{ ‰}$.

$$L_{\text{отг.м}} = \frac{11,25 \cdot 0,04}{0,005} = 90 \text{ м};$$

– для подъездной дороги $b = 7,5 \text{ м}$, $i_{\text{в}} = 40 \text{ ‰}$, $i_{\text{д}} = 10 \text{ ‰}$. Отсюда

$$L_{\text{отг.пд}} = \frac{7,5 \cdot 0,04}{0,010} = 30 \text{ м.}$$

Следовательно, длины прямых вставок из условия размещения отгона виража для автомагистрали и подъездной дороги должны быть не менее 90 м и 30 м соответственно.

Длина переходной кривой находится из выражения

$$L_{\text{п}} = \frac{v^3}{47IR}, \quad (3.9)$$

где v – расчетная скорость движения, км/ч;

I – нарастание центробежного ускорения при движении автомобиля на участке переходной кривой (принимаем равным $0,5 \text{ м/с}^3$);

R – наименьший радиус виража, м.

Подставляем известные значения:

$$\text{– для автомобильной магистрали } L_{\text{мп}} = \frac{150^3}{47 \cdot 0,5 \cdot 1000} = 143,6 \approx 150 \text{ м,}$$

– для подъездной дороги $L_{\text{пдп}} = \frac{100^3}{47 \cdot 0,5 \cdot 400} = 106,4 \approx 110 \text{ м}$

Сравнивая полученные значения, приходим к выводу, что длины отгона выража следует увеличить до длин переходных кривых и принять длину прямой вставки между обратными круговыми кривыми соответственно 150 и 110 м.

Для полученных значений переходных кривых и минимальных радиусов кривых в плане вычисляем параметры переходных кривых:

– для автомобильной магистрали

$$A_{\text{м}} = \sqrt{R_{\text{мв}} L_{\text{мп}}} = \sqrt{1000 \cdot 150} = 387,3 \approx 400 \text{ м}$$

– для подъездной дороги

$$A_{\text{пд}} = \sqrt{R_{\text{пдв}} L_{\text{пдп}}} = \sqrt{400 \cdot 110} = 209,8 \approx 210 \text{ м.}$$

Сравниваем эти значения с минимально допустимыми значениями параметров, которые вычисляем по формуле

$$A_{\text{мин}} = 0,21\sqrt{v^3} :$$

– для автомобильной магистрали $A_{\text{минм}} = 0,21\sqrt{150^3} = 386 \text{ м}$ (так как $A_{\text{минм}} < A_{\text{м}}$, принимаем $A_{\text{м}} = 400 \text{ м}$):

– для подъездной дороги $A_{\text{минпд}} = 0,21\sqrt{100^3} = 210 \text{ м}$ (так как $A_{\text{минпд}} = A_{\text{пд}}$, то минимальное значение параметра 210 м может быть принято для проектирования).

Кривые в продольном профиле. Радиус вертикальных выпуклых кривых определяем из условия обеспечения видимости поверхности дорожного покрытия:

$$R_{\text{ввк}} \cong \frac{S_{\text{в}}^2}{2d} \quad (3.10)$$

где $S_{\text{в}}$ – расстояние видимости поверхности дороги, м;

d – высота глаза водителя легкового автомобиля над поверхностью дороги ($d = 1,2 \text{ м}$).

Радиусы вертикальных выпуклых кривых $R_{\text{мвк}}$, $R_{\text{пдвк}}$ находим из формулы (3.10) с учетом полученных ранее числовых значений расстояний видимости поверхности дороги для автомобильной магистрали $S_{\text{мв}}$, подъездной дороги $S_{\text{пдв}}$:

– для автомобильной магистрали

$$R_{\text{мвк}} = \frac{280^2}{2 \cdot 1,2} = 32667 \approx 35000 \text{ м.}$$

– для подъездной дороги

$$R_{\text{пдвк}} = \frac{140^2}{2 \cdot 1,2} = 8167 \approx 8500 \text{ м.}$$

Радиус вертикальной выпуклой кривой $R_{\text{ввкв}}$ при условии обеспечения видимости водителем встречного автомобиля при обгоне им грузового автомобиля должен быть:

$$R_{\text{ввкв}} = \frac{(280 + 140)^2}{2 \cdot 1,2} = 73500 \text{ м.}$$

Радиус вертикальных вогнутых кривых определяем из условия обеспечения видимости водителем поверхности проезжей части дороги так, как фары автомобиля на вогнутых кривых малых радиусов освещают поверхность покрытия лишь вблизи автомобиля и необходимое расстояние видимости может быть не обеспечено:

$$R_{\text{ввогк}} = \frac{S_{\text{в}}^2}{2(h_{\text{ф}} + S_{\text{в}} \sin \alpha / 2)}, \quad (3.11)$$

где $S_{\text{в}}$ – расстояние видимости поверхности покрытия, м;

$h_{\text{ф}}$ – высота фар легкового автомобиля над поверхностью проезжей части ($h_{\text{ф}} = 0,75$ м);

α – угол рассеивания пучка света фар ($\alpha = 2^\circ$).

После подстановки в выражение (11) известных значений получим

– для автомобильной магистрали

$$R_{\text{мввогк}} = \frac{280^2}{2(0,75 + 280 \cdot 0,0175)} = 6938 \text{ м};$$

– для подъездной дороги

$$R_{\text{пдввогк}} = \frac{140^2}{2(0,75 + 140 \cdot 0,0175)} = 3062 \text{ м.}$$

Округляя эти значения в большую сторону, соответственно принимаем 7000 м и 3100 м.

В исключительных случаях радиусы вертикальных вогнутых кривых назначают из условия ограничения центробежной силы. За критерий принимают самочувствие пассажира и перегрузку рессор.

С учетом изложенного выше требования величину радиуса вертикальных вогнутых кривых определяем из выражения

$$R_{\text{ввогк}} = \frac{v^2}{6,5}, \quad (3.12)$$

где v – расчетная скорость движения, км/ч.

При $v = 150$ км/ч, $R_{\text{ввогк}} = 3460$ м, округляя в большую сторону, принимаем $R_{\text{ввогк}} = 3500$ м.

При $v = 100$ км/ч, $R_{\text{ввогк}} = 1535$ м, или после округления $R_{\text{ввогк}} = 1600$ м. Полученные расчетом технические нормативы сводим в табл. 3.1. В табл. 3.1 для сравнения включены нормативные значения параметров автомобильной дороги из СНиП II-Д.5-72.

Т а б л и ц а 3 . 1

Технические нормативы	Категории дороги	По расчету	По СНиП 2.05.02	Принято для проектирования
Расчетная скорость, км/ч	I	150	150	150
	II	100	120	100
	III		100	
Наибольший продольный уклон, ‰	I	30	30	30
	II	–	40	50
	III		50	
Наименьшие радиусы кривых в плане:				
без устройства виража, м	I	3000	1200	3000
	II	1350	800	1350
	III		600	
с устройством виража, м	I	1000	1000	1000
	II	400	400	400
	III			
из условия видимости в ночное время, м	I	4200	–	4200
	II	2100	–	2100
	III			
Наименьшие радиусы вертикальных кривых:				
выпуклых, м	I	35000	30000	35000
	II	8500	15000	8500
	III		10000	
вогнутых из условия видимости в ночное время, м	I	7000	8000	8000
	II	3100	5000	3100
	III		3000	
вогнутых из условия ограничения перегрузки рессор, м	I	3500	–	3500
	II	1600	–	1600
	III		–	
Расстояние видимости:				
поверхности дороги, м	I	280	300	280
	II	140	250	140
	III		200	
встречного автомобиля, м	I	–	450	–
	II	270	350	270
	III		280	
боковой, м	I	–	–	–
	II	24	–	24
	III			
Параметры переходных кривых (клотоид), м	I	400	–	400
	II	210	–	210
	III			

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Значение расчетной скорости движения, км/ч		Величина продольного уклона магистрали, ‰
	по магистрали v_m	по примыкающей к ней подъездной дороге $v_{пд}$	
1	2	3	4
1	100	55	20
2	105	60	25
3	110	65	30
4	115	70	35
5	120	75	40
6	125	80	-20
7	130	85	-25
8	135	90	-30
9	145	95	-35
10	150	100	-40
11	148	98	18
12	143	95	21
13	140	89	24
14	138	86	27
15	132	83	29
16	128	79	32
17	123	76	-23
18	119	73	-18
19	116	69	-36
20	110	63	-10
21	135	90	-30
22	145	95	-35
23	150	100	-40
24	148	98	18
25	143	95	21

Практическое занятие №4 по теме №6 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Расчет пропускной способности участков дороги и скорости движения в пределах населенных пунктов.

Задание на практическое занятие. Рассчитать пропускную способность участков дороги и скорости движения в пределах населенных пунктов Грибки и Хлебниково.

Населенный пункт Грибки (км 25+000 – км 25+700) расположен на прямом горизонтальном участке, длина застройки $L_T = 0,7$ км расстояние от

кромки проезжей части до линии застройки $l_T=6$ м, сооружения обслуживания отсутствуют, интенсивность движения на пешеходном переходе $N_{\text{пг}}=80$ чел./ч-пик. Ширина проезжей части дороги 7,5 м, ширина обочины 2,5–3 м, интенсивность движения автомобилей $N_T=1500$ авт./ч.

Населенный пункт Хлебниково (км 22+500 – км 24+150) расположен на прямом горизонтальном участке, длина застройки $L_x = 1,65$ км, расстояние от кромки проезжей части до линии застройки $l_x=12$ м. В населенном пункте имеется стоянка у сооружения обслуживания, оборудованная за счет уширения обочин и расположенная с двух сторон дороги. Интенсивность движения пешеходов через дорогу на первом переходе составляет $N_{\text{пк1}}=150$ чел./ч, а на втором $N_{\text{пк2}}=240$ чел./ч. Второй пешеходный переход расположен у стоянки автомобилей. Ширина проезжей части дороги 7,5 м, ширина обочины 2,5–3 м, интенсивность движения автомобилей $N_x=1500$ авт./ч.

Пример выполнения задания на практическое занятие.

Участки дороги в пределах населенных пунктов характеризуются пониженной пропускной способностью, низкими скоростями движения вследствие влияния неорганизованного движения пешеходов, стоящих на обочинах автобусов и автомобилей и других факторов.

Пропускная способность автомобильной дороги в пределах малого населенного пункта сельского типа

$$P_{\text{пг}} = (1968,8 - 487,5L + 11,2l + 7,5Ll)K_1K_2K_3 \quad (4.1)$$

где L – длина участка в пределах населенного пункта, км ($0,5 \leq L \leq 2,5$ км);

l – расстояние от кромки проезжей части до линии застройки, м ($5 \leq l \leq 25$ м);

K_1 – коэффициент, учитывающий влияние пешеходного перехода (табл.1);

K_2 – коэффициент, учитывающий влияние стоянки у пункта обслуживания (табл. 2);

K_3 – коэффициент, учитывающий влияние кривой в плане (табл.3).

В пределах населенных пунктов скорости движения:

– одиночных автомобилей

$$v_0 = 57,28 - 8,1L + 2,3l - 0,38Ll; \quad (4.2)$$

– транспортного потока

$$v_{\text{п}} = 25,4 - 0,06N_{\text{п}} - 0,008N + 0,38v_0, \quad (4.3)$$

где $N_{\text{п}}$ – интенсивность движения пешеходов в часы пик, чел./ч;

N – интенсивность движения автомобилей, авт./ч;

v_0 – скорость движения одиночного автомобиля в населенном пункте, км/ч.

Таблица 4.1

Интенсивность движения пешеходов в час пик, чел./ч	Значение K_1 при доле легковых автомобилей, %		
	100	70	50
<100	1,00	1,00	0,90
100-200	0,95	0,90	0,80
200-300	0,90	0,80	0,70
300-400	0,80	0,70	0,60

Таблица 4.2

Учитываемый фактор	K_2
Стоянка удалена от кромки проезжей части, имеются переходно-скоростные полосы	1,0 0,8
Стоянка оборудована за счет уширения обочины	0,6
Стоянка не оборудована	

Таблица 4.3

Длина населенного пункта, км	K_3 при радиусе кривой в плане, м				
	100	100–250	250–450	450–600	600
0,3–0,7	0,81	0,89	0,95	0,96	0,97
0,7–1,25	0,84	0,92	0,97	0,98	0,98
1,25–1,75	0,96	0,94	0,97	1	1
1,75–2,25	0,98	0,95	0,98	1	1
2,25–2,75	0,90	0,96	1	1	1

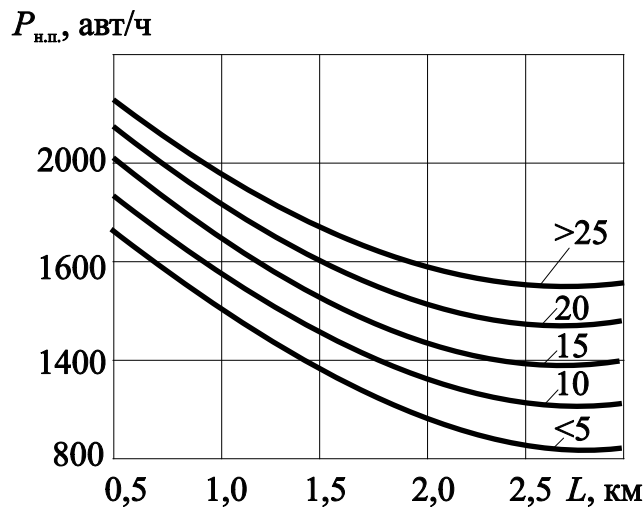


Рис. 4.1. Зависимость пропускной способности дороги от длины населенного пункта и расстояния от кромки проезжей части до линии застройки (цифры на кривых – расстояние до застройки, м)

Свободную скорость автомобилей в населенном пункте Грибки вычисляем по формуле (4.2):

$$\begin{aligned}
 v_{0Г} &= 57,28 - 8,1L_{Г} + 2,3l_{Г} - 0,38L_{Г}l_{Г} = \\
 &= 57,28 - 8,1 \cdot 0,7 + 2,3 \cdot 6 - 0,38 \cdot 0,7 \cdot 6 = 63,8 \text{ км/ч.}
 \end{aligned}$$

Для определения скорости движения автомобилей в зоне пешеходного перехода используем формулу (4.3):

$$\begin{aligned} v_{\text{ПГ}} &= 25,4 - 0,06N_{\text{ПГ}} - 0,008N_{\Gamma} + 0,38v_{0\Gamma} = \\ &= 25,4 - 0,06 \cdot 80 - 0,008 \cdot 1500 + 0,38 \cdot 63,8 = 32,8 \text{ км/ч.} \end{aligned}$$

Пропускная способность участка в пределах населенного пункта Грибки в первом приближении может быть найдена по графику на рис. 4.1: $P_{\text{ПГ}}=1750$ авт./ч. В целях уточнения пропускную способность населенного пункта Грибки $P_{\text{ПГ}}$ определим по формуле (4.1):

$P_{\text{ПГ}} = (1968,8 - 487,5 \cdot 0,7 + 11,2 \cdot 6 + 7,5 \cdot 0,7 \cdot 6) \cdot 1 = 1730$ авт./ч. Коэффициент $K_1=1$ принимаем по табл.4.1.

Свободную скорость автомобилей в населенном пункте Хлебниково вычисляем по формуле (4.2):

$$\begin{aligned} v_{0x} &= 57,28 - 8,1L_x + 2,3l_x - 0,38L_x l_x = \\ &= 57,28 - 8,1 \cdot 1,65 + 2,3 \cdot 12 - 0,38 \cdot 1,65 \cdot 12 = 63,99 \text{ км/ч.} \end{aligned}$$

Для определения скорости движения автомобилей в зоне двух пешеходных переходов $v_{\text{ПХ1}}$, $v_{\text{ПХ2}}$ используем формулу (4.3):

$$\begin{aligned} v_{\text{ПХ1}} &= 25,4 - 0,06N_{\text{ПХ1}} - 0,008N_x + 0,38v_{0x} = \\ &= 25,4 - 0,06 \cdot 150 - 0,008 \cdot 1500 + 0,38 \cdot 63,99 = 28,5 \text{ км/ч;} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v_{\text{ПХ2}} &= 25,4 - 0,06N_{\text{ПХ2}} - 0,008N_x + 0,38v_{0x} = \\ &= 25,4 - 0,06 \cdot 240 - 0,008 \cdot 1500 + 0,38 \cdot 63,99 = 23,3 \text{ км/ч.} \end{aligned}$$

Пропускную способность участка в пределах населенного пункта Хлебниково $P_{\text{ПХ}}$ определяем в три этапа: рассматриваем участок вне зоны пешеходного перехода и стоянки у сооружения обслуживания, анализируем участок первого пешеходного перехода, затем второго пешеходного перехода в зоне стоянки.

Для первого этапа:

$$P_{\text{ПХ1}} = (1968,8 - 487,5 \cdot 1,65 + 11,2 \cdot 12 + 7,5 \cdot 16,5 \cdot 12) \cdot 1 = 1447,32 \text{ авт./ч.}$$

Для второго этапа ($K_1=0,8$):

$$P_{\text{ПХ2}} = (1968,8 - 487,5 \cdot 1,65 + 11,2 \cdot 12 + 7,5 \cdot 16,5 \cdot 12) \cdot 0,8 = 1157,86 \text{ авт./ч.}$$

Для третьего этапа ($K_1=0,8$ и $K_2=0,8$):

$$P_{\text{ПХ3}} = (1968,8 - 487,5 \cdot 1,65 + 11,2 \cdot 12 + 7,5 \cdot 16,5 \cdot 12) \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 810,5 \text{ авт./ч.}$$

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Ширина, м		Доля легковых автомобилей, % Гр., Хл.	Интенсивность движения					Длина застройки, км		Расстояние от кромки проезжей части до линии застройки, м	
	проезжей части Гр., Хл.	обочины Гр., Хл.		автомобилей, авт./ч		на пешеходном переходе, чел./ч			Гр.	Хл.	Гр.	Хл.
				Гр.	Хл.	Гр.	Хл ₁	Хл ₂				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1	7,60	3,4	80	1900	1200	160	200	180	1,5	2,65	10,5	16,5
1	7,55	3,3	75	1800	1500	150	190	150	1,4	2,55	10,0	16,0
2	7,50	3,2	70	1700	1400	140	180	170	1,3	2,45	9,5	15,5
3	7,45	3,1	65	1600	1300	130	170	170	1,2	2,35	9,0	15,0
4	7,40	3,0	60	1500	1250	120	160	205	1,1	2,25	8,5	14,5
5	7,35	2,9	55	1400	1150	110	155	190	1,0	2,15	8,0	14,0
6	7,30	2,8	50	1300	1800	100	150	240	0,9	2,05	7,5	13,5
7	7,25	2,7	45	1200	1700	90	145	230	0,8	1,95	7,0	13,0
8	7,20	2,6	40	1100	1600	80	140	220	0,7	1,85	6,5	12,5
9	7,15	2,5	35	1000	1500	70	135	210	0,6	1,75	6,0	12,0
10	7,35	2,3	64	1200	1400	85	145	210	0,9	2,75	9,3	16,7
11	7,8	2,1	57	1150	1300	95	150	190	1,0	2,85	9,7	16,9
12	7,65	2,8	52	1250	1250	110	160	170	1,1	2,95	9,9	17,0
13	7,45	2,6	67	1300	1150	130	170	160	1,2	3,15	10,0	18,0
14	7,30	2,3	56	1400	1200	140	190	150	1,3	3,25	11,0	19,0
15	7,15	3,1	73	1500	1000	150	190	145	1,4	3,35	12,0	20,0
16	7,35	2,9	81	1600	1100	170	210	135	1,5	3,45	13,0	21,0
17	7,5	2,5	59	1700	1200	180	220	140	1,6	3,55	14,0	22,0
18	7,6	1,9	63	1700	1300	190	230	145	1,7	3,65	15,0	23,0
19	7,3	2,3	72	1800	1400	200	240	150	2,0	3,70	16,0	24,0
20	7,8	2,1	56	1150	1500	160	190	155	0,9	2,05	7,5	13,5
21	7,65	2,8	73	1250	1600	170	205	160	0,8	1,95	7,0	13,0
22	7,45	2,6	81	1300	1700	180	170	130	0,7	1,85	6,5	12,5
23	7,30	2,3	59	1400	1800	190	150	170	0,6	1,75	6,0	12,0
24	7,15	3,1	63	1500	1750	160	170	180	0,9	2,75	9,3	16,7
25	7,5	2,5	72	1200	1900	140	180	150	1,0	2,85	9,7	16,9

Примечание. Гр. – Грибки; Хл. – Хлебниково.

Практическое занятие №5 по теме №6 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Расчет пропускной способности пересечения автомобильных дорог в одном уровне.

Задание на практическое занятие. Рассчитать пропускную способность пересечения автомобильных дорог в одном уровне.

Пересечение на км 23+475 необорудованное. Суммарная интенсивность движения по главной дороге $N_{гл}=240$ авт./ч, радиусы съездов 10 м, продольный уклон по главной дороге 25 ‰, длина подъема 200 м. Доля медленно движущихся автомобилей – 15 ‰, распределение интенсивности по направлениям $N_{л}=15$ ‰, $N_{пр}=35$ ‰.

Пример выполнения задания на практическое занятие.

Под пропускной способностью пересечения подразумевается максимальное число автомобилей, проходящих по главной и второстепенной дорогам при определенном соотношении интенсивности движения на них.

Пропускная способность нерегулируемых пересечений главной и второстепенной дорог в одном уровне зависит от соотношения интенсивностей движения на них, а также от минимальных интервалов, принимаемых водителем второстепенных дорог при пересечении потока основной дороги или при вливании в него. Пропускную способность нерегулируемых пересечений различной планировки оценивают с помощью номограммы (рис. 5.1).

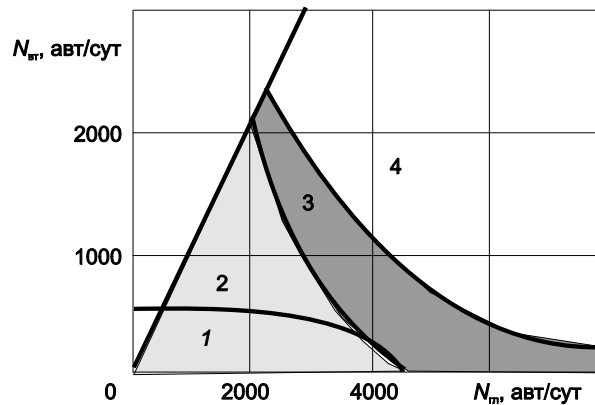


Рис. 5.1. Номограмма для определения пропускной способности пересечений:
1 – простое пересечение; 2 – направляющие островки на второстепенной дороге;
3 – направляющие островки на обеих дорогах с разметкой проезжей части;
4 – пересечение в разных уровнях

При выборе планировки пересечения в одном уровне необходимо учитывать, что пересечение – это элемент дороги и на нем нужно обеспечивать такой же уровень удобства движения, как и на всей дороге. Предельные уровни загрузки пересечений главной и второстепенной дорог, обусловлены показателями интенсивности движения на них, поэтому их рассчитывают на основе данных табл. 5.1.

Таблица 5.1

Уровень удобства движения по главной дороге	Коэффициент загрузки z	Загрузка второстепенной дороги	
		предельно допустимая	оптимальная
А	<0,2	0,11 P	0,09 P
Б	0,2–0,45	0,22 P	0,17 P
В	0,45–,7	0,37 P	0,28 P
Г-а	0,7–1,0	0,56 P	0,42 P
Г-б	0;1	0,56 P	0,42 P

Примечание. P – пропускная способность главной дороги в рассматриваемых дорожных условиях.

Пропускная способность пересечений в одном уровне в конкретных дорожных условиях находится из соотношения

$$P_{\Pi} = N_{\text{гл}} \left(A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right), \quad (5.1)$$

где $N_{\text{гл}}$ – интенсивность движения по главной дороге, авт./ч;

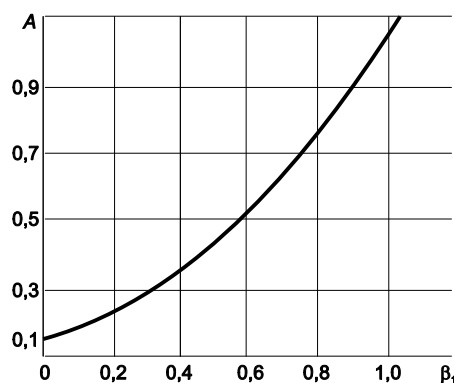
A, B, C – коэффициенты, характеризующие различные части потока автомобилей (A – свободно движущиеся автомобили, B – частично связанные, C – связанная часть потока автомобилей; $A + B + C = 1$);

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коэффициенты, характеризующие плотность потока автомобилей; $\beta_1 = f(A)$ определяют по графику (рис. 2); $\beta_2 = 3,5$; $\beta_3 = 5,7$ (для двухполосных дорог);

λ – коэффициент, равный $N_{\text{гл}}/3600$;

$\Delta t_{\text{гр}}$ – граничный интервал, принимаемый водителями (рис. 5.3);

δt – интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге, с.

Рис. 5.2. Зависимость между коэффициентами A и β_1

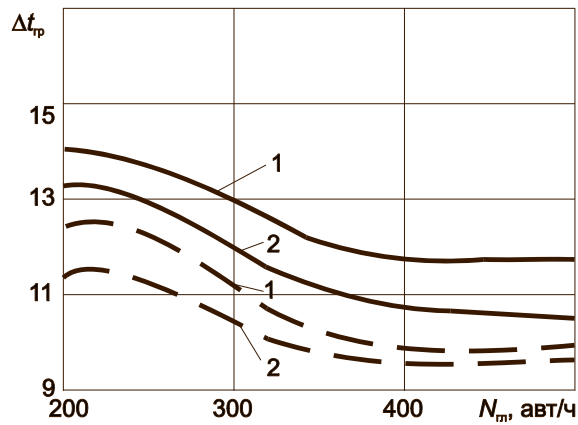


Рис. 5.3. Изменение $\Delta t_{гр}$ для левого поворота в зависимости от интенсивности движения по главной дороге:
 1 – простое пересечение; 2 – канализированное пересечение;
 интенсивность движения по главной дороге $N_{гл} = 250 \dots 500$ авт./ч;
 интенсивность движения поворачивающих налево автомобилей $N_{л} = 40 \dots 90$ авт./ч;
 — — — — $\Delta t_{гр}$ 85 %-й обеспеченности;
 - - - - $\Delta t_{гр}$ 50 %-й обеспеченности

Для участков подъемов

$$A = \xi_M e^{-\xi_{п}}, \quad (5.2)$$

где ξ_M – коэффициент, учитывающий количество медленно движущихся автомобилей в потоке (табл. 5.2);

$\xi_{п}$ – коэффициент, учитывающий крутизну уклона и длину подъема (табл. 5.3).

Т а б л и ц а 5 . 2

Доля медленно движущихся автомобилей в потоке k , %	Значение ξ_M при расстоянии от подъема, м						
	до 100	500	1000	1500	2000	3000	<4000
0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
10	0,64	0,72	0,78	0,82	0,85	0,88	0,88
20	0,46	0,54	0,61	0,68	0,71	0,75	0,77
30	0,36	0,43	0,50	0,58	0,62	0,68	0,70
40	0,27	0,34	0,43	0,51	0,55	0,61	0,65

П р и м е ч а н и е . К медленно движущимся относят автомобили скорость которых на 10–15 км/ч меньше скорости всего потока. Количество таких автомобилей определяют по материалам измерения скоростей движения на дороге.

Таблица 5.3

Уклон, %	$\xi_{п}$ при длине подъема, м			
	50	100	200	300
До 20	0	0	0	0
30	0	0	0,02	0,04
40	0	0,02	0,05	0,12
50	0,02	0,06	0,11	0,19
60	0,05	0,10	0,17	0,30
70	0,09	0,12	0,19	0,34
80	0,11	0,15	0,24	0,42

Для населенных пунктов A определяем по рис. 5.4, а $B = f(A)$ – по рис. 5.5.

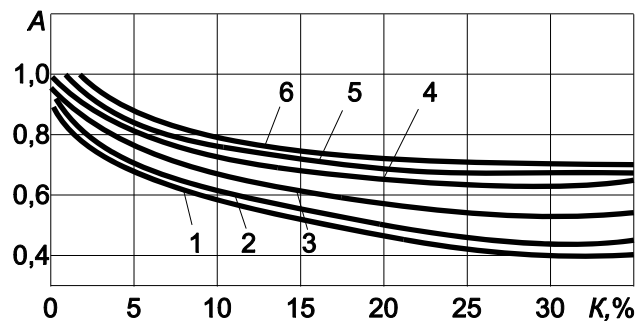


Рис. 5.4. Влияние населенного пункта на распределение интервалов движения в потоке в зависимости от состава движения при расстоянии от населенного пункта:
 1 – 0; 2 – 200 м; 3 – 400 м; 4 – 600 м; 5 – 1000 м; 6 – 1500 м;
 K – доля медленно движущихся автомобилей в потоке

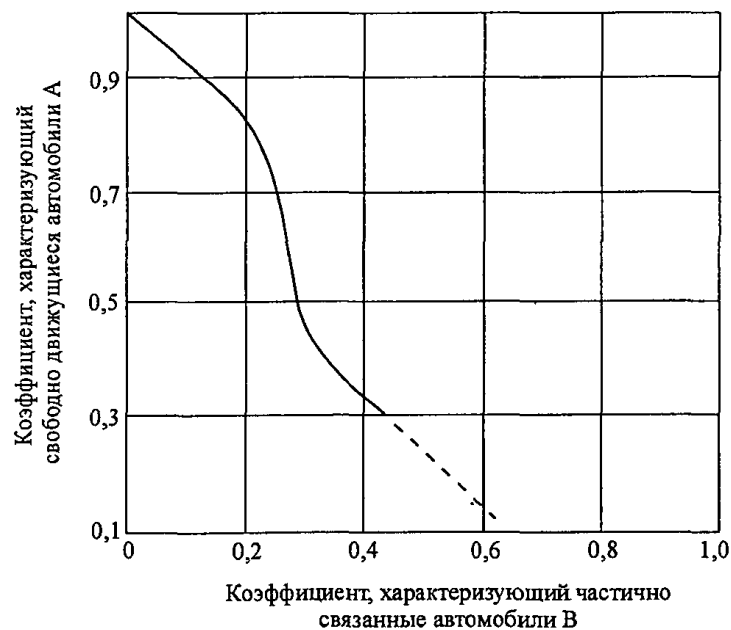


Рис. 5.5. Зависимость между коэффициентами A и B

Интервал δt принимаем в зависимости от состава движения:

Доля легковых автомобилей, %	0	20	50	100
δt , с	2,4	3,2	3,7	4,2

Расчет по уравнению (5.1) позволяет определить пропускную способность не всего пересечения, а лишь одного направления с второстепенной дороги, пересекающего главный поток или вливающегося в него. Полная пропускная способность всего пересечения определяется как сумма пропускных способностей по всем направлениям.

Предельное значение приведенной интенсивности движения, т.е. суммарная интенсивность на второстепенной дороге, характеризующая пропускную способность пересечения в одном уровне:

– для необорудованных пересечений

$$N_{\max} = \frac{N_{\text{пр.вт}} - \psi_{\text{пр.л(гл)}} N_{\text{гл}}}{\psi_{\text{пр.л}} \eta_{\text{л}} + \psi_{\text{пр.пп}} \eta_{\text{пп}} + \psi_{\text{пр.пр}} \eta_{\text{пр}}} ; \quad (5.3)$$

– для канализированных пересечений

$$N_{\max} = \frac{N_{\text{пр.вт}} - \psi_{\text{пр.л(гл)}} N_{\text{гл}}}{\psi_{\text{пр.л}} \eta_{\text{л}} + \psi_{\text{пр.пп}} \eta_{\text{пп}}} + P_{\text{п}} ; \quad (5.4)$$

$$N_{\text{пр.вт}} = N_{\text{вт}} (\psi_{\text{пр.л}} \eta_{\text{л}} + \psi_{\text{пр.пп}} \eta_{\text{пп}} + \psi_{\text{пр.пр}} \eta_{\text{пр}}) + \psi_{\text{пр.л(пп)}} N_{\text{гл.л}} , \quad (5.5)$$

где $N_{\text{пр.вт}}$ – интенсивность движения приведенного потока на второстепенной дороге;

$N_{\text{вт}}$; $N_{\text{гл}}$ – интенсивность движения на второстепенной и главной дороге;

$\psi_{\text{пр}}$ – коэффициент приведения;

η – доля поворачивающих автомобилей;

$P_{\text{п}}$ – пропускная способность правого поворота с второстепенной дороги, определяемая по формуле (5.1) при значении $\Delta t_{\text{гр}}$ для правого поворота, принимаемом по рис. 5.6.

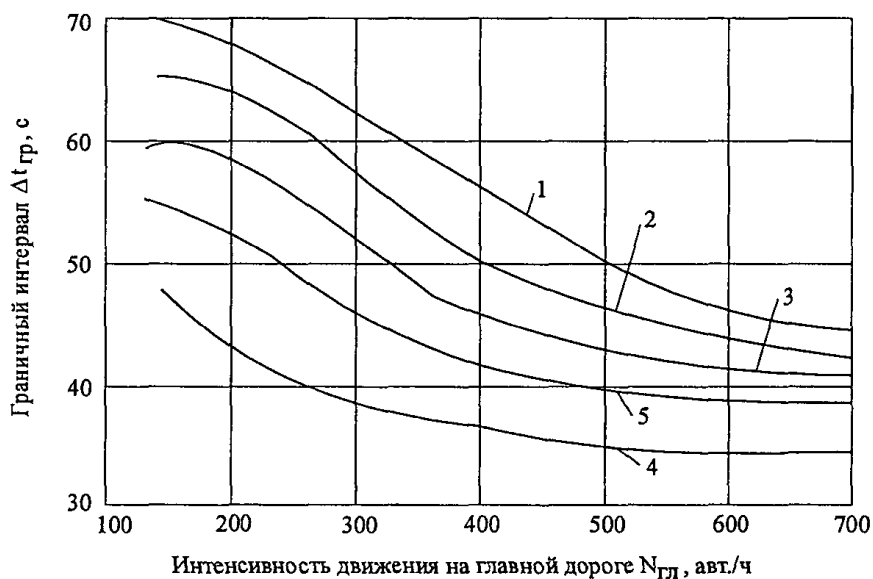


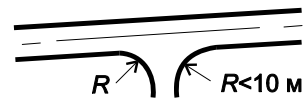

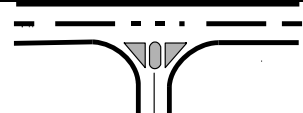
Рис. 5.6. Изменение граничного интервала для правого поворота при различных радиусах съездов:
 1 – 10...12 м; 2 – 15 м; 3 – 25 м; 4 – 50 м; 5 – 50 м;
 имеются переходно-скоростные полосы.

Индексы: вт – второстепенная дорога; гл – главная дорога; л – левый поворот; пр – прямой поворот; пр – правый поворот.

Коэффициенты приведения ψ при разных планировочных решениях пересечения приведены в табл. 5.4.

Т а б л и ц а 5 . 4

Зависимость коэффициентов приведения от планировочных решений пересечения

Схема планировки	Коэффициент приведения			
	с главной дороги $\Psi_{л(гл)}$	с второстепенной дороги $\Psi_{л(вт)}$	при прямом пересечении $\Psi_{пп}$	при правом повороте $\Psi_{пр}$
	1,1	1,1	1,0	0,62
	1,1	1,1	1,0	0,45
	1,0	0,85	0,9	0,1

Параметр A вычисляем по формуле (5.2). При этом принимаем: $\xi_M=0,55$, так как расстояние от подъема равно 0 (см. табл. 5.2); $\xi_{II}=0,01$ при длине подъема 200 м и уклоне 25 ‰ (см. табл. 5.3). Таким образом,

$$A = 0,55e^{-0,01} = 0,56.$$

Параметр B определяем по рис. 5, $B=0,27$

$$A + B + C = 1;$$

$$C = 1 - 0,56 - 0,27 = 0,17.$$

С учетом A определяем по рис, 2 $\beta_1 = 0,68$.

Значение $\Delta t_{гр}$ находим по рис. 5.3. При заданной интенсивности движения $\Delta t_{гр} = 13,8$ с.

Вычисляем пропускную способность пересечения в приведенных единицах по формуле (5.1):

$$P_{п} = 240 \left(\frac{0,56e^{-0,66}}{1 - e^{-0,15}} + \frac{0,27e^{-3,38}}{1 - e^{-0,8}} + \frac{0,17e^{-5,5}}{1 - e^{-1,3}} \right) =$$

$$= 240(2,08 + 0,15 + 0,001) = 508 \text{ авт./ч.}$$

Для расчета предельной интенсивности движения по второстепенной дороге, используем формулу (5.3). При этом, числовое значение интенсивности движения приведенного потока на второстепенной дороге $N_{прив.вт}$, необходимое для расчета по данной формуле, находится из выражения (5.5). В свою очередь, входящее в выражение (5.5) числовое значение интенсивности движения транспортного потока на второстепенной дороге $N_{вт}$, определяется из номограммы, представленной на рис. 5.7.

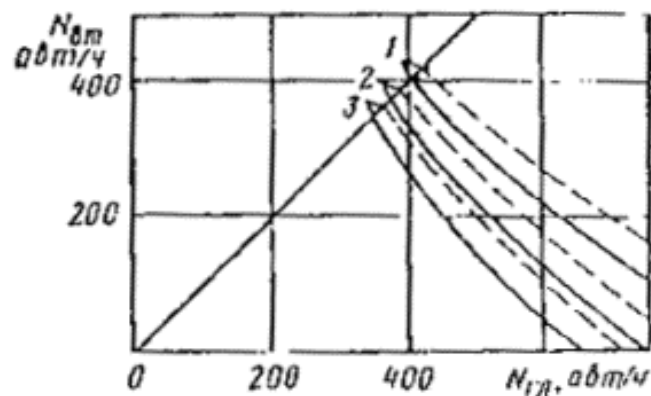


Рис. 5.7. Номограмма для определения пропускной способности нерегулируемых пересечений в одном уровне:
 1 – теоретическая; 2 – максимальная практическая; 3 – практическая.
 Сплошные линии – необорудованные пересечения,
 штриховые – канализированные

Найденное по данной номограмме числовое значение интенсивности движения транспортного потока на второстепенной дороге $N_{вт}$, при суммарной интенсивности движения по главной дороге $N_{гл} = 240$ авт./ч, составит величину 220 авт./ч.

При данном числовом значении интенсивности движения транспортно-го потока на второстепенной дороге, числовое значения интенсивности движения приведенного потока на второстепенной дороге $N_{пр.вт}$, будет равно:

$$N_{пр.вт} = 220(1,1 \cdot 0,15 + 1,0 \cdot 0,5 + 1,1 \cdot 0,35) + 1,1 \cdot 240 = 484 \text{ авт./ч.}$$

С учетом найденного выше числового значения интенсивности движения приведенного потока на второстепенной дороге $N_{прив.вт}$, предельное значение приведенной интенсивности движения N_{max} , будет равно

$$N_{max} = \frac{484 - 1,1 \cdot 240}{1,1 \cdot 0,15 + 1 \cdot 0,5 + 1,1 \cdot 0,35} = 220 \text{ авт./ч.}$$

Следовательно, при заданной интенсивности движения на главной дороге наибольшая суммарная интенсивность движения на второстепенной дороге составит 220 авт./ч.

Рассмотрим изменения пропускной способности при замене простого необорудованного пересечения канализированным пересечением. Примем: $N_{гл.к} = 540$ авт./ч; продольный уклон главной дороги 50 ‰; расстояние до подъема протяжением 200 м и с уклоном 40 ‰ составляет 750 м; доля медленно движущихся автомобилей в потоке 20 ‰;

$$N_{вт.к} = 180 \text{ авт./ч, } N_{прив.вт.к} = 784 \text{ авт./ч, } \eta_{л} = 0,4; \eta_{пр} = 0,15; A = \xi_m e^{-\xi_{п}}; \xi_m = 0,57; \xi_{п} = 0,05; A = 0,55; B = 0,24; C = 0,21; \beta_1 = 0,67; \Delta t_{тр} = 11,6 \text{ с, } \delta t = 3,2 \text{ с.}$$

По формуле (5.1)

$$P_{пк} = 540 \left(\frac{0,55 e^{-1,17}}{1 - e^{-0,32}} + \frac{0,24 e^{-6,1}}{1 - e^{-2,4}} + \frac{0,21 e^{-10}}{1 - e^{-2,74}} \right) = 286 \text{ авт./ч.}$$

Для канализированных пересечений определяем $N_{max.к}$ по формуле (5.4)

$$N_{max.к} = \frac{784 - 540 \cdot 1,1}{1,1 \cdot 0,4 + 1,1 \cdot 0,45} + 286 = 489 \text{ авт./ч}$$

Следовательно, при заданных условиях движения и планировке пересечения на главную дорогу со второстепенной может следовать 489 авт./ч.

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Интенсивность движения по главной дороге $N_{гл.}$, авт./ч	Радиусы съездов, м	Продольный уклон по главной дороге, %	Длина подъема, м	Доля медленно движущихся автомобилей, %	Распределение интенсивности по направлениям, %	
						$N_{л}$	$N_{пр}$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	235	9	24	190	16	16	33
2	245	11	23	180	14	14	34
3	250	12	22	210	13	13	36
4	255	13	21	220	12	12	37
5	260	14	20	210	11	11	38
6	265	15	19	190	10	10	39
7	270	16	18	185	11	11	40
8	275	15	17	170	12	12	39
9	280	14	16	160	13	13	38
10	285	13	15	195	14	14	34
11	290	12	16	210	17	17	37
12	300	11	17	220	18	18	36
13	310	8	18	230	19	19	33
14	320	9	19	240	18	18	32
15	330	12	21	250	17	17	31
16	340	13	22	260	16	16	30
17	350	11	23	270	13	14	29
18	360	9	24	280	14	13	28
19	370	8	25	290	11	12	25
20	380	11	26	300	12	11	27
21	390	9	17	250	16	16	23
22	360	10	16	270	14	15	25
23	350	13	15	280	18	14	24
24	330	15	19	300	20	12	21
25	360	14	16	290	18	16	22

Практическое занятие №6 по теме №6 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Оценка пропускной способности кольцевого пересечения.

Задание на практическое занятие. Оценить пропускную способность кольцевого пересечения.

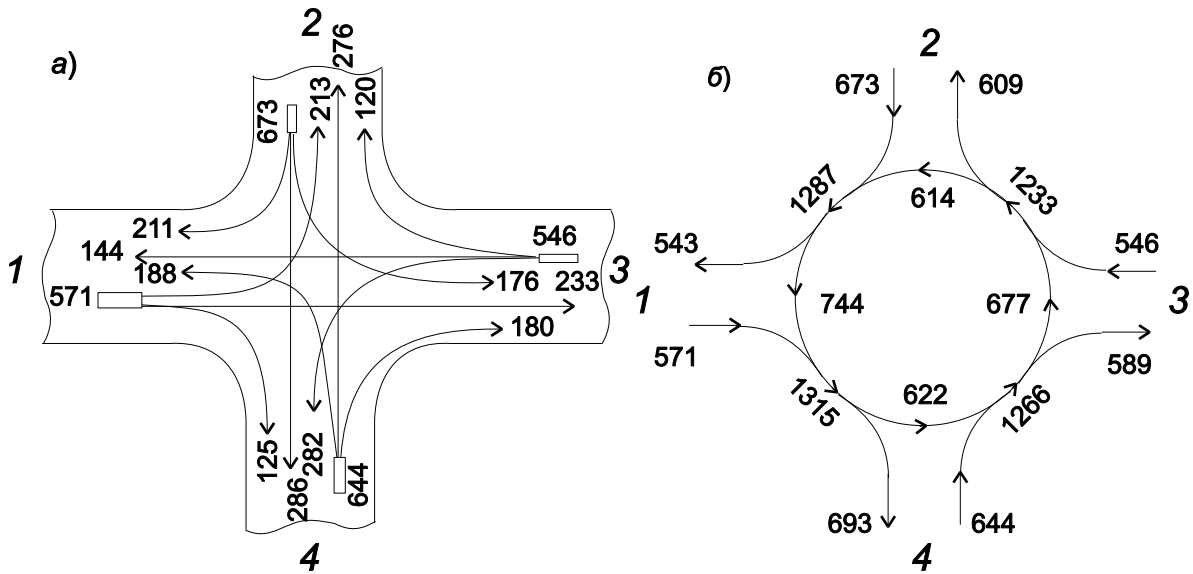


Рис. 6.1. Картограмма интенсивности (авт./ч) движения:
 а – распределение по четырем направлениям; б – распределение по кольцу

Состав движения: легковые автомобили 22 %, грузовые малой грузоподъемности 18 %, средней грузоподъемности 30 %, большой грузоподъемности 16 %, автобусы 6 %, автопоезда 8 %. Диаметр центрального островка $D_{цо} = 46$ м. Пересекающиеся дороги – двухполосные II категории. Все въезды на кольцевом пересечении одополосные ($n_1 = n_2 = 1$).

Примеры выполнения задания на практическое занятие.

Пример 1. Оценить пропускную способность кольцевого пересечения, по которому получены данные по интенсивности движения и распределению потоков по направлениям (см. рис. 6.1).

Для всех въездов определяют коэффициенты состава движения k_c по формуле (6.1).

№ въезда	k_c	c	A	B	$N_{k, \text{прив. легк. авт./ч}}$	$P_{в, \text{авт./ч}}$	$N_{в, \text{авт./ч}}$	z
1	1,8	1,0	1500	0,67	706	570	456	0,8
2	1,8	1,0	1500	0,67	738	559	352	0,63
3	1,8	1,0	1500	0,67	661	587	396	0,67
4	1,8	1,0	1500	0,67	698	574	358	0,62

$$k_c = \sum_{i=1}^n m_i \lambda_i, \quad (6.1)$$

где k_c – коэффициент, учитывающий состав движения;

λ_i – коэффициент приведения (i -го типа транспортного средства к легковому автомобилю для кольцевых пересечений);

m_i – число транспортных средств разных типов, в долях единицы;

n – число типов транспортных средств;

$$k_c = 1 \cdot 0,22 + 1,4 \cdot 0,18 + 1,7 \cdot 0,3 + 2,3 \cdot 0,16 + 2,9 \cdot 0,06 + 3,5 \cdot 0,08 = 1,8.$$

Коэффициент приведения λ_i к легковому автомобилю для кольцевых пересечений, определяемый в зависимости от типа автомобиля, приведен ниже.

Тип автомобиля	λ_i
Легковые	1,0
Грузовые:	
малой грузоподъемности	1,4
средней грузоподъемности	1,7
большой грузоподъемности	2,3
Автобусы	2,9
Автомобильные поезда	3,5

Для всех въездов $n_1 = n_2 = 1$.

Из табл. 6.1 находим значения коэффициентов A и B : $A=1500$; $B=0,67$.

Таблица 6.1
Рекомендуемые значения коэффициентов A и B

Число полос движения		Интенсивность движения $N_{k, \text{прив.}} \text{ легк. авт./ч}$	Значение коэффициентов	
n_1	n_2		A	B
1	1	≤ 2240	1500	0,67
2	2	≤ 2530	2630	1,04
1	1	≤ 1400	1800	0,45
2	2	> 1400	2630	1,01
1	1	≤ 1600	1800	0,31
2	2	≤ 1100	2900	0,91

При $D_{\text{ц0}} = 46 \text{ м с} = 1$.

Таблица 6.2
Рекомендуемые значения коэффициентов для расчета пропускной способности кольцевых пересечений

№ въезда	k_c	c	A	B	$N_{k, \text{прив.}} \text{ легк. авт./ч}$	$P_{\text{в, авт./ч}}$	$N_{\text{в, авт./ч}}$	z
1	1,8	1,0	1500	0,67	706	570	456	0,8
2	1,8	1,0	1500	0,67	738	559	352	0,63
3	1,8	1,0	1500	0,67	661	587	396	0,67
4	1,8	1,0	1500	0,67	698	574	358	0,62

Примечание. Значение $N_{k, \text{прив.}} \text{ легк. авт./ч}$ получены по картограмме интенсивностей движения (см. рис. 6.1) с учетом коэффициентов k_c .

Пропускную способность въезда на кольцевое пересечение определяют по формуле

$$P_{\text{в}} = \frac{c}{k_c} (A - BN_{\text{к}}), \quad (6.2)$$

где c – коэффициент, учитывающий влияние центрального островка $D_{\text{цо}}$ на пропускную способность въезда на кольцевое пересечение, при $D_{\text{цо}} = 15 \dots 20$ м, $c = 0,94$; $D_{\text{цо}} = 40 \dots 50$ м, $c = 1,0$; $D_{\text{цо}} = 80$ м, $c = 0,9$; $D_{\text{цо}} = 125$ м, $c = 0,84$; $D_{\text{цо}} = 160$ м, $c = 0,79$; $D_{\text{цо}} = 200$ м, $c = 0,69$.

Для каждого въезда коэффициент загрузки движением (табл. 6.2), определяется отношением фактической интенсивности движения к практической пропускной способности участка дороги:

$$z = N_{\text{в}} / P_{\text{в}}, \quad (6.3)$$

где $N_{\text{в}}$ – интенсивность движения, авт./ч;

$P_{\text{в}}$ – пропускная способность участка дороги.

Сравнение коэффициентов загрузки движением на въездах z с $z_{\text{опт}} = 0,65$ показывает (см. табл. 6.2), что на въездах 1 и 3 загрузка движением превышает экономически эффективный уровень.

Для повышения пропускной способности данного кольцевого пересечения однополосные въезды 1 и 3 необходимо уширить до двухполосных.

При уширении наиболее загруженного въезда 1 до двухполосного будем иметь $n_1=1$, $n_2=2$, $A=1800$, $B=0,45$, $c=1$. Отсюда $P_{\text{в}} = 824$ авт./ч, $z=0,55 < 0,65$.

Выводы:

1. Данное кольцевое пересечение работает в режиме, близком практически к пропускной способности, что приводит к большим потерям времени транспортными средствами. Необходимо уширить въезды 1 и 3 до двух полос.

2. При дальнейшем росте интенсивности движения для обеспечения высокой пропускной способности и эффективной работы кольцевого пересечения необходимо уширение до двух полос движения и въездов 2 и 4.

Пример 2. Определить пропускную способность проектируемого кольцевого пересечения. Пересекающиеся дороги II и III категорий. Диаметр центрального островка $D_{\text{цо}} = 25$ м.

Перспективная интенсивность движения на въездах: $N_1 = 320$, $N_2 = 180$, $N_3 = 260$, $N_4 = 240$ авт./ч.

На всех въездах распределение потоков по направлению «право», «прямо» и «лево» соответственно 0,25; 0,5; 0,25. Коэффициент состава движения $k_c = 1,80$. Число полос движения на всех подходах $n = 1$.

Выполняем расчет N_k перед каждым въездом:

$$N_{k1} = N_4 (0,5+0,25) + N_3 0,25 = 240 0,75+260 0,25 = 245 \text{ авт./ч};$$

$$N_{k1. \text{прив.}} = 245 1,8 = 441 \text{ легк. авт./ч};$$

$$N_{k2} = N_1 (0,5+0,25) + N_4 0,25 = 320 0,75+240 0,25 = 300 \text{ авт./ч};$$

$$N_{k2. \text{прив.}} = 300 1,8 = 540 \text{ легк. авт./ч};$$

$$N_{k3} = N_2 (0,5+0,25) + N_1 0,25 = 180 0,75 + 320 0,25 = 215 \text{ авт./ч};$$

$$N_{k3. \text{прив.}} = 215 1,8 = 387 \text{ легк. авт./ч};$$

$$N_{k4} = N_3 (0,5+0,25) + N_2 0,25 = 260 0,75 + 180 \cdot 0,25 = 240 \text{ авт./ч};$$

$$N_{k4. \text{прив.}} = 240 1,8 = 432 \text{ легк. авт./ч};$$

Для въездов 1 и 3 $n_1=1, n_2=2$; для въездов 2 и 4 $n_1=n_2=1$.

Значения A и B принимаем по табл. 1:

– для въездов 1 и 3 $A=1800, B = 0,45$;

– для въездов 2 и 4 $A=1500, B = 0,67$.

При $D_{ц0}=25$ м с учетом интерполяции $c = 0,95$.

Т а б л и ц а 6 . 3

Рекомендуемые значения расчетных коэффициентов для определения пропускной способности въездов на кольцевое пересечение

№ въезда	k_c	c	n_1	n_2	A	B	$N_{k. \text{прив.}} \text{ легк. авт./ч}$	$P_{в,} \text{ авт./ч}$	$N_{в,} \text{ авт./ч}$	z
1.	1,8	0,95	1	2	1800	0,45	441	845	320	0,38
2.	1,8	0,95	1	1	1500	0,67	540	601	180	0,30
3.	1,8	0,95	1	2	1800	0,45	387	858	260	0,30
4	1,8	0,95	1	1	1500	0,67	432	639	240	0,38

П р и м е ч а н и е . На всех въездах $z < 0,65$.

Коэффициент запаса пропускной способности каждого въезда рассчитывают при оптимальной загрузке движением $z_{\text{опт}} = 0,65$ по формуле (6.4)

$$x = zcA / (k_c N_{в} + zcN_k B), \quad (6.4)$$

где x – коэффициент запаса пропускной способности въезда, который показывает, во сколько раз может увеличиться интенсивность движения на въезде до достижения пропускной способности.

$$x_1 = \frac{0,65 \cdot 0,95 \cdot 1800}{(1,8 \cdot 320 + 0,65 \cdot 0,95 \cdot 0,45 \cdot 441)} = \frac{1111,5}{(576 + 122,5)} = \frac{1111,5}{698,5} = 1,59;$$

$$x_2 = 1,69; x_3 = 1,93; x_4 = 1,51.$$

Следовательно, $x_{\min} = 1,51$.

Варианты выполнения заданий на практическое занятие для примера 1

№ вариан- та	Состав движения автомобилей						Диа- метр $D_{цo}$, м
	легко- вые	грузовые, грузоподъемности					
		ма- лой	сред- ней	боль- шой	авто- бусы	авто- поезда	
1	14	18	32	23	7	6	25
2	15	17	33	20	8	7	30
3	16	20	34	12	9	8	35
4	17	19	35	10	10	9	40
5	18	16	36	9	11	10	45
6	19	14	37	7	12	11	50
7	20	19	38	8	13	12	60
8	21	12	39	7	8	13	70
9	22	11	40	7	12	8	80
10	23	15	41	15	10	6	90
11	14	18	32	18	11	7	100
12	15	17	33	16	10	9	110
13	16	20	34	11	9	10	120
14	17	19	35	10	8	11	130
15	18	16	36	11	7	12	140
16	19	14	37	16	6	8	150
17	20	19	38	10	8	5	160
18	21	12	39	15	7	6	170
19	22	11	40	8	12	7	180
20	23	15	41	6	7	8	190
21	14	22	33	12	10	9	200
22	15	21	37	12	9	6	140
23	16	19	36	11	8	10	150
24	17	16	31	18	7	11	130
25	18	17	32	12	9	12	180

**Варианты выполнения заданий на практическое занятие
для примера 2**

№ варианта	Перспективная интенсивность движения на въездах, авт./ч				распределение транспортных потоков по направлениям:		
	N_1 ,	N_2	N_3	N_4	«право»	«прямо»	«лево»
1	330	190	270	250	0,24	0,52	0,24
2	340	210	280	260	0,24	0,51	0,25
3	350	220	290	270	0,26	0,48	0,26
4	360	230	300	280	0,27	0,49	0,24
5	370	240	310	290	0,38	0,46	0,16
6	380	250	320	300	0,37	0,45	0,18
7	390	260	330	310	0,36	0,44	0,20
8	400	270	340	320	0,31	0,43	0,26
9	410	280	350	330	0,32	0,40	0,28
10	420	290	360	340	0,37	0,41	0,22
11	430	300	370	350	0,34	0,45	0,21
12	440	310	380	360	0,35	0,39	0,26
13	450	320	390	370	0,36	0,35	0,29
14	460	330	400	380	0,37	0,33	0,30
15	470	340	410	390	0,38	0,36	0,26
16	480	350	420	400	0,39	0,38	0,23
17	490	360	430	410	0,42	0,34	0,24
18	500	370	440	420	0,41	0,34	0,25
19	510	380	450	430	0,42	0,32	0,26
20	520	390	460	440	0,43	0,30	0,27
21	340	400	320	400	0,31	0,39	0,24
22	370	410	360	420	0,32	0,35	0,25
23	410	370	450	370	0,37	0,33	0,26
24	450	380	320	320	0,34	0,36	0,24
25	460	390	370	340	0,37	0,38	0,16

**Практическое занятие №7
по теме №7 изучаемой дисциплины**

Тема практического занятия. Расчет пропускной способности мостового перехода на дороге с двухполосной проезжей частью.

Задание на практическое занятие. Рассчитать пропускную способность мостового перехода на дороге с двухполосной проезжей частью.

Требуется определить пропускную способность трех мостовых переходов.

Первый мост. Ширина проезжей части на подходе к мосту 7,5 м, ширина проезжей части на мосту 6 м, длина моста 200 м, мост горизонтальный и прямолинейный. Подходы к мосту горизонтальные и прямолинейные, количество легковых автомобилей в потоке 100 %, загрузка встречной полосы движения более 0,8.

Второй мост. Ширина и длина проезжей части моста 8 м и 200 м соответственно. Мост расположен на кривой в плане радиусом $R=800$ м и имеет продольный уклон 20 ‰. Подходы к мосту имеют ширину проезжей части 8 м, продольный уклон 30‰ и криволинейный участок в плане радиусом $R = 600$ м. Встречная полоса моста загружена более 0,8, количество легковых автомобилей в потоке 100 %.

Третий мост. Ширина проезжей части моста 9 м, длина моста 150 м. Состав движения: 50 % легковых, 28 % грузовых, 22 % автопоездов.

Пример выполнения задания на практическое занятие.

Пропускная способность полосы движения моста, расположенного на прямой в плане и при продольном уклоне менее 10 ‰.

$$P_M = 420 + 43\Gamma - 2,285L + 0,257\Gamma L, \quad (7.1)$$

где Γ – габарит моста, м;

L – длина моста, м ($100 \leq L \leq 300$ м).

Пропускная способность мостов, расположенных на кривых в плане и имеющих продольные уклоны более 10 ‰,

$$P_M = P k_M, \quad (7.2)$$

где P – пропускная способность полосы движения с учетом влияния кривых в плане, продольного уклона и состава движения, легк.авт./ч;

k_M – коэффициент снижения пропускной способности полосы движения моста (табл. 7.1).

Т а б л и ц а 7 . 1

$L, \text{ м}$	k_M при габарите моста				
	$\Gamma-7$	$\Gamma-8$	$\Gamma-9$	$\Gamma-11,5$	$\Gamma-13$
100	0,562	0,625	0,75	0,812	0,937
200	0,475	0,60	0,72	0,812	0,937
300	0,375	0,562	0,68	0,812	0,937

Пропускная способность полосы движения на подходе к мосту

$$P_{\text{пм}} = 413 + 27b - 4,07i + 0,0653R + 434,6\eta_{\text{л}}, \quad (7.3)$$

где b – ширина проезжей части, м;

i – продольный уклон, ‰;

R – радиус кривых в плане, м;

$\eta_{\text{л}}$ – количество легковых автомобилей в потоке, доли единицы.

Первый мост. Пропускную способность полосы движения на мосту рассчитываем по формуле (7.3):

$$P_{M1} = 420 + 43 \cdot 6 - 2,285 \cdot 200 + 0,257 \cdot 6 \cdot 200 = 521 \text{ авт./ч.}$$

Пропускная способность полосы движения на подходе к мосту при $b=7,5$ м, $i=0$, $R=0$, $\eta_{л} = 1$ в соответствии с формулой (7.3):

$$P_{пм1} = 413 + 27 \cdot 7,5 - 4,07 \cdot 0 + 0,0653 \cdot 0 + 434,6 \cdot 1 = 1050 \text{ авт./ч.}$$

Ввиду того, что полученное значение пропускной способности моста (521 авт./ч) меньше пропускной способности на подъезде (1050 авт./ч), то пропускную способность мостового перехода принимаем равной пропускной способности моста (521 авт./ч).

Второй мост. Пропускная способность полосы движения на мосту без учета ее снижения (см. формулу (7.1)):

$$P_{M2} = 420 + 43 \cdot 8 - 2,285 \cdot 200 + 0,257 \cdot 8 \cdot 200 = 718 \text{ авт./ч.}$$

Коэффициент снижения пропускной способности принимаем $k_M = 0,6$. Тогда пропускная способность моста

$$P_{Mс2} = P_{M2} \cdot k_M = 718 \cdot 0,6 = 431 \text{ авт./ч.}$$

Пропускная способность полосы движения на подходе к мосту

$$P_{пм2} = 413 + 27 \cdot 8 - 4,07 \cdot 30 + 0,0653 \cdot 600 + 434,6 \cdot 0,5 = 980 \text{ авт./ч.}$$

Так как полученное значение пропускной способности моста ($P_{M2} = 718$ авт./ч) меньше пропускной способности подходов, то пропускную способность мостового перехода принимаем равной пропускной способности моста (718 авт./ч).

Третий мост. Для решения поставленной задачи измеряем скорости движения автомобилей на мосту. Результаты измерения в свободных условиях движения автомобилей на мосту показали, что средние скорости легковых автомобилей 58 км/ч, грузовых 42 км/ч, автопоездов 40 км/ч.

Среднюю скорость автомобилей \bar{v}_0 с учетом наблюдаемого состава движения определяем, подставляя в формулу измеренные значения средних скоростей автомобилей разных типов:

$$\bar{v}_0 = v_{л} \cdot \eta_{л} + v_{гр} \cdot \eta_{гр} + v_{ав} \cdot \eta_{ав} = 58 \cdot 0,5 + 42 \cdot 0,28 + 40 \cdot 0,22 = 49,56 \text{ км/ч,}$$

где $\eta_{л}$, $\eta_{гр}$, $\eta_{ав}$ – процентное соотношение количества легковых, грузовых автомобилей и автопоездов в потоке;

$v_{л}$, $v_{гр}$, $v_{ав}$ – скорости легковых, грузовых автомобилей и автопоездов, км/ч.

Далее определяем максимальную плотность потока автомобилей, для чего рассчитываем средний интервал движения с учетом существующего на мосту состава движения:

$$l_{\text{расч}} = \sum p_i p_j l_i = p_{\text{л}}^2 l_{\text{лл}} + p_{\text{л}} p_{\text{г}} l_{\text{лг}} + p_{\text{л}} p_{\text{а}} l_{\text{ла}} + p_{\text{г}} p_{\text{л}} l_{\text{гл}} + p_{\text{г}}^2 l_{\text{гг}} + p_{\text{г}} p_{\text{а}} l_{\text{га}} + p_{\text{а}} p_{\text{л}} l_{\text{ал}} + p_{\text{а}} p_{\text{г}} l_{\text{аг}} + p_{\text{а}}^2 l_{\text{аа}} \quad (7.4)$$

где $p_{\text{л}}$, $p_{\text{г}}$, $p_{\text{а}}$ – вероятность появления легкового, грузового автомобиля и автопоезда; $l_{\text{лл}} = 7,3$, $l_{\text{лг}} = 9,3$, $l_{\text{ла}} = 13,2$, $l_{\text{гл}} = 9$, $l_{\text{гг}} = 9,7$, $l_{\text{га}} = 14,1$, $l_{\text{ал}} = 13$, $l_{\text{аг}} = 14,2$, $l_{\text{аа}} = 17,3$ – интервалы движения между автомобилями отдельных типов с учетом их длины, м.

$$l_{\text{расч}} = 0,5^2 \cdot 7,3 + 0,5 \cdot 0,28 \cdot 9,3 + 0,5 \cdot 0,22 \cdot 13,2 + 0,28 \cdot 0,5 \cdot 9 + 0,28^2 \cdot 9,7 + 0,28 \cdot 0,22 \cdot 14,1 + 0,22 \cdot 0,5 \cdot 13 + 0,22 \cdot 0,28 \cdot 14,2 + 0,22^2 \cdot 17,3 = 10,608 \text{ м.}$$

Затем вычисляем максимальную плотность транспортного потока

$$q_{\text{max}} = L / l_{\text{расч}} = 150 / 10,608 = 14,14 \text{ авт./км.}$$

Рассчитываем пропускную способность полосы движения на мосту

$$P_{\text{мос}} = 0,101 \bar{v}_0 q_{\text{max}} = 0,101 \cdot 49,56 \cdot 14,14 = 71 \text{ авт./ч.}$$

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Параметры моста и подходов к мосту, м								количество автомоб. в потоке, %			загрузка встречной полосы движения, z
	моста				подходов к мосту				легковых	грузовых	автопоездов	
	длина	ширина	прод. уклон	радиус	длина	ширина	прод. уклон	радиус				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Первый мост												
1	190	6,3	–	–	–	7,4			100	–	–	0,8
2	180	6,4	–	–	–	7,3			100	–	–	0,8
3	170	6,5	–	–	–	7,2			100	–	–	0,8
4	160	6,6	–	–	–	7,1			100	–	–	0,8
5	150	6,7	–	–	–	7,7			100	–	–	0,8
6	210	6,8	–	–	–	7,8			100	–	–	0,8
7	220	7,0	–	–	–	7,9			100	–	–	0,8
8	200	7,1				7,6			100			0,8
9	160	7,3				7,5			100			0,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Второй мост												
10	230	7,9	22	790	–	8,2	32	590	100	–	–	0,8
11	240	7,8	23	780	–	8,3	33	580	100	–	–	0,8
12	250	7,7	24	770	–	8,4	34	570	100	–	–	0,8
13	260	7,6	25	760	–	8,5	35	560	100	–	–	0,8
14	270	7,5	26	750	–	8,6	36	550	100	–	–	0,8
15	140	7,4	27	740	–	8,7	37	540	100	–	–	0,8
16	130	7,3	28	730	–	8,9	38	530	100	–	–	0,8
17	170	5,5	24	710		8,3	29	560	100	–	–	0,8
18	190	5,9	23	730		8,6	33	580	100	–	–	0,8
Третий мост												
19	140	8,5	–	–	–	–	–	–	45	27	28	–
20	130	8,4	–	–	–	–	–	–	40	26	32	–
21	120	8,3	–	–	–	–	–	–	35	25	40	–
22	110	8,6	–	–	–	–	–	–	30	24	46	–
23	100	8,2	–	–	–	–	–	–	55	23	22	–
24	90	8,7	–	–	–	–	–	–	60	22	18	–
25	95	7,7							63	20	17	–

Практическое занятие №8 по теме №8 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Расчет пропускной способности съездов на пересечении автомобильных дорог в разных уровнях.

Задание на практическое занятие. Рассчитать пропускную способность съездов на пересечении автомобильных дорог в разных уровнях.

Правоповоротный съезд пересечения типа «полный клеверный лист» имеет полосу ускорения. Радиус съезда 125 м, продольный уклон на подъеме съезда 30 %, длина подъема 200 м, расстояние видимости 200 м, в потоке на съезде 10 % тяжелых автомобилей (автопоездов), 20 % легковых автомобилей. На основной полосе главной дороги интенсивность 600 авт./ч, в том числе 12 % тяжелых автомобилей. От предыдущего съезда, на котором нет переходно-скоростной полосы, расстояние 600 м.

Левоповоротный съезд пересечения типа «полный клеверный лист» не имеет переходно-скоростных полос. Радиус съезда 75 м, продольный уклон на подъеме этого съезда 20 %, длина подъема 200 м, количество тяжелых автомобилей в потоке на съезде 10 %, легковых автомобилей 20 %, расстояние видимости 175 м. На основной полосе главной дороги интенсивность 600 авт./ч, в основном потоке 18 % тяжелых автомобилей. От предыдущего съезда, на котором нет переходно-скоростной полосы, расстояние 600 м.

Пример выполнения задания на практическое занятие.

Правоповоротный съезд. Пропускная способность съездов пересечения автомобильных дорог в разных уровнях находится из выражения

$$P_{\text{п}} = N_{\text{гл}} \left[A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right], \quad (8.1)$$

где $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – коэффициенты, характеризующие плотность потока автомобилей;

λ – коэффициент, равный $N_{\text{гл}}/3600$;

$\Delta t_{\text{гр}}$ – граничный интервал, принимаемый водителями;

δt – интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге, с

Принимая во внимание адекватность понятий пропускной способности и максимальной интенсивности движения на съездах ($P_{\text{п}} = N_{\text{max}}$) используем данное выражение для определения максимальной интенсивности движения N_{max} транспортных средств на правоповоротном съезде из условия вливания их в основной поток в следующем виде.

$$N_{\text{max}} = N_{\text{гл}} \left[A \frac{e^{-\beta_1 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_1 \lambda \delta t}} + B \frac{e^{-\beta_2 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_2 \lambda \delta t}} + C \frac{e^{-\beta_3 \lambda \Delta t_{\text{гр}}}}{1 - e^{-\beta_3 \lambda \delta t}} \right]. \quad (8.2)$$

Для условий правоповоротного съезда при расстоянии его от предыдущего съезда 600 м коэффициент $A=0,82$ (табл. 8.1 и 8.2)

Т а б л и ц а 8 . 1

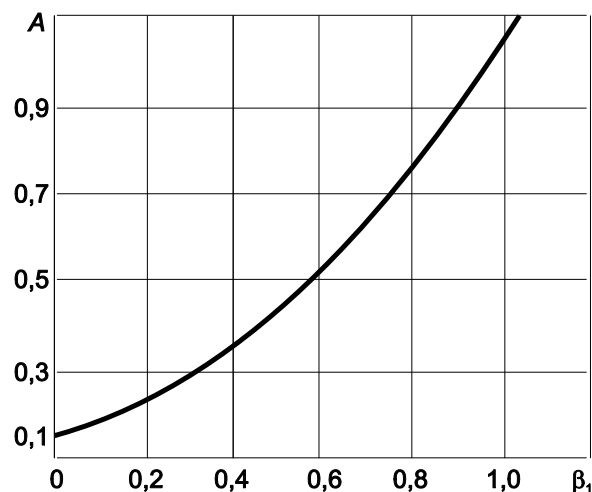
Интенсивность движения, авт./ч	Коэффициент A при наличии на основной полосе тяжелых автомобилей			
	10–15	15–20	20–25	25–30
100	0,70	0,67	0,62	0,60
150	0,63	0,59	0,55	0,52
200	0,59	0,55	0,48	0,45
250	0,57	0,51	0,45	0,40
≥ 300	0,53	0,48	0,42	0,38

Таблица 8.2

Расстояние от предыдущего съезда, м	Коэффициент A	
	при отсутствии переходно- скоростных полос	при наличии переходно- скоростных полос
200	0,57–0,63	0,77–0,88
400	0,63–0,70	0,82–0,92
600	0,72–0,82	0,87–0,96
800	0,83–0,91	0,9–0,96
1000	0,87–0,92	0,9–0,96
1200	0,88–0,93	0,9–0,96

Примечание. Меньшие значения коэффициента A соответствуют наличию в потоке на основной полосе 20–25 % тяжелых автомобилей, большие – 10–15 %.

Коэффициент β_1 , характеризующий плотность потока автомобилей, и коэффициент A , отражающий количество свободно движущихся автомобилей в данном потоке, связаны функциональной зависимостью вида $\beta_1 = f(A)$ (рис. 8.1).

Рис. 8.1. Зависимость между коэффициентами A и β_1

При значении коэффициента $A=0,82$, найденный по графику рисунка 8.1 коэффициент β_1 будет равен: $\beta_1=0,91$. Для двухполосных дорог коэффициенты β_2 и β_3 , характеризующие плотность потока автомобилей в зависимости от уровней удобства движения B и C , составляют следующие нормативные значения: $\beta_2=3,5$ и $\beta_3=5,7$.

При значении коэффициента $A=0,82$ значение коэффициента B будет равно: $B=0,18$ (рис. 8.2).

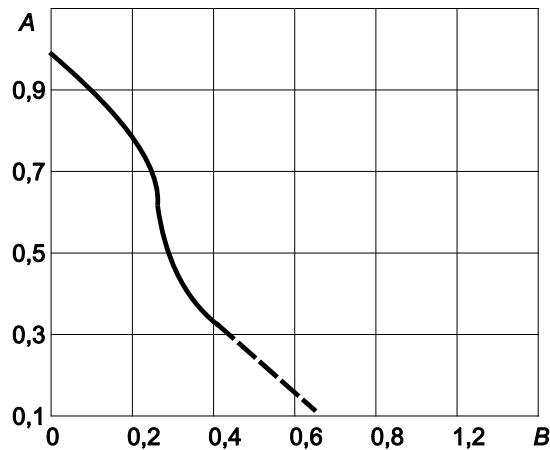


Рис. 8.2. Зависимость между коэффициентами A и B

Исходя из условия $A+B+C = 1$, находим $C=1 - (A+B) = 0$.

Интервал между выходами автомобилей из очереди на второстепенной дороге в зависимости от состава движения δt находим из таблицы:

Доля легковых автомобилей в потоке, %	0	20	50	100
δt , с	2,4	3,2	3,7	4,2

При 20 %-й доле легковых автомобилей в смешанном потоке $\delta t = 3,2$ с.

Граничный интервал времени вливания с правой полосы ускорения 85% – ной обеспеченности при интенсивности движения на основной полосе главной дороги 600 авт./ч составит $\Delta t_{гр} = 2,7$ с (рис. 8.3).

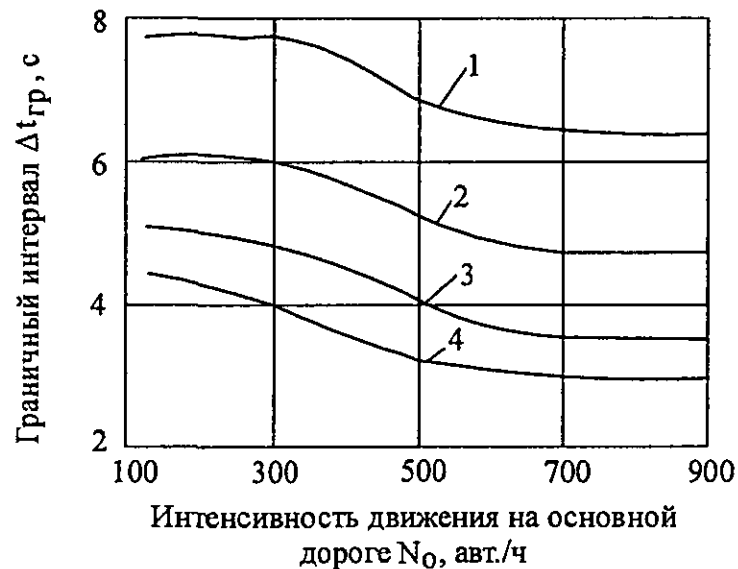


Рис. 8.3. Зависимость граничного интервала времени от интенсивности движения по основной полосе дороги:

1. – вливание после остановки 85%-й обеспеченности; 2 – тоже 50%-й обеспеченности; 3 – скорость вливающихся 25–30 км/ч 85%-й обеспеченности;
- 4 – вливание с полосы ускорения 85%-й обеспеченности.

Параметр распределения λ находим из соотношения

$$\lambda = \frac{N_0}{3600}.$$

При интенсивности движения на основной полосе главной дороги N_0 , равной 600 авт./ч,

$$\lambda = \frac{600}{3600} = 0,17.$$

С учетом полученных выше расчетных значений из выражения (8.2) найдем максимальную интенсивность движения транспортных средств на правостороннем съезде из условия их вливания в основной поток

$$\begin{aligned} N_{\max.\text{пр}}(N_{\text{с.пр}}) &= N_0 \left(\frac{0,82e^{-0,91 \cdot 0,17 \cdot 2,7}}{1 - e^{-0,91 \cdot 0,17 \cdot 3,2}} + \frac{0,18e^{-3,5 \cdot 0,17 \cdot 2,7}}{1 - e^{-3,5 \cdot 0,17 \cdot 3,2}} \right) = \\ &= N_0 \left(\frac{0,82 \cdot e^{-0,42}}{1 - e^{-0,5}} + \frac{0,18e^{-1,6}}{1 - e^{-1,9}} \right) = 600 \left(\frac{0,82 \cdot 0,66}{1 - 0,6} + \frac{0,18 \cdot 0,2}{1 - 0,15} \right) = \\ &= 600 \left(\frac{0,54}{0,4} + \frac{0,04}{0,85} \right) = 600(1,35 + 0,05) = 600 \cdot 1,4 = 840 \text{ авт./ч.} \end{aligned}$$

Вычисляем пропускную способность съезда с учетом частных коэффициентов снижения пропускной способности $\beta_4 - \beta_6$ (табл. 8.3–8.5).

$$P_{\text{с.пр}} = P_{\max} \beta_4 \beta_5 \beta_6 = 1800 \cdot 0,93 \cdot 0,9 \cdot 0,9 = 1355 \text{ (авт./ч)}.$$

Т а б л и ц а 8.3

Значения коэффициента β_4

Количество автопоездов в потоке, %	β_4 при числе легких и средних грузовых автомобилей, %				
	10	20	50	60	70
1	0,99	0,98	0,94	0,90	0,86
5	0,97	0,96	0,91	0,88	0,84
10	0,95	0,93	0,88	0,85	0,81
15	0,92	0,90	0,85	0,82	0,78
20	0,90	0,87	0,82	0,79	0,76
25	0,87	0,84	0,79	0,76	0,73
30	0,84	0,81	0,76	0,72	0,70

П р и м е ч а н и е. Коэффициент β_4 на подъемах не учитывают, так как состав движения учтен при определении коэффициента β_5 (табл. 8.5).

Таблица 8.4

Значения коэффициента β_5

Продольный уклон, ‰	Длина подъема, м	β_5 при количестве автопоездов в потоке, %				Продольный уклон, ‰	Длина подъема, м	β_5 при количестве автопоездов в потоке, %			
		2	5	10	15			2	5	10	15
20	200	0,98	0,97	0,94	0,89	50	200	0,90	0,85	0,80	0,74
20	500	0,97	0,94	0,92	0,87	50	500	0,86	0,80	0,75	0,70
20	800	0,96	0,92	0,90	0,84	50	800	0,82	0,76	0,71	0,64
30	200	0,96	0,95	0,93	0,86	60	200	0,83	0,77	0,70	0,63
30	500	0,95	0,93	0,91	0,83	60	500	0,77	0,71	0,64	0,55
30	800	0,93	0,90	0,88	0,80	60	800	0,70	0,63	0,53	0,47
40	200	0,93	0,90	0,86	0,80	70	200	0,75	0,68	0,60	0,55
40	500	0,91	0,88	0,83	0,76	70	500	0,63	0,55	0,48	0,41
40	800	0,88	0,85	0,80	0,72						

Таблица 8.5

Значения коэффициентов β_6 – β_8

Расстояние видимости, м, β_6	<50	50–100	100–150	150–250	250–350	>350
	0,68	0,73	0,84	0,80	0,98	1,0
Радиус кривой в плане, м, β_7	<100	100–250	250–450	–	450–600	>600
	0,85	0,90	0,96	–	0,99	1,0
Ограничение скорости знаком, км/ч, β_8	10	20	30	40	50	60
	0,44	0,76	0,88	0,96	0,98	1,0

При расчетах следует исходить из величины максимальной практической пропускной способности (P_{\max} , легковых авт./ч):

Двухполосные дороги	3600 в оба направления
Трехполосные дороги	4000 в оба направления
Четырехполосные без разделительной полосы	2100 по одной полосе
Четырехполосные с разделительной полосой	2200 по одной полосе
Шестиполосные без разделительной полосы	2200 по одной полосе
Шестиполосные с разделительной полосой	2300 по одной полосе
Автомобильные магистрали, имеющие 8 полос	2300 по одной полосе

Пропускная способность съезда определяется условиями вливания в основной поток $P_{с.пр} > N_{\max.пр}(N_{с.пр})$ и составляет 840 авт./ч.

Левоповоротный съезд. Определяем коэффициент A (см. табл. 8.1, 8.2), который при условии наличия в основном потоке 18 % тяжелых автомобилей, равен $A = 0,51$.

Граничный интервал времени вливания с левой полосы ускорения 85 %-й обеспеченности при интенсивности движения на основной полосе главной дороги 600 авт./ч составит $\Delta t_{гр} = 9,2$ с (рис. 8.4). При 20 %-й доле легковых автомобилей в смешанном потоке $\delta t = 3,2$ с.

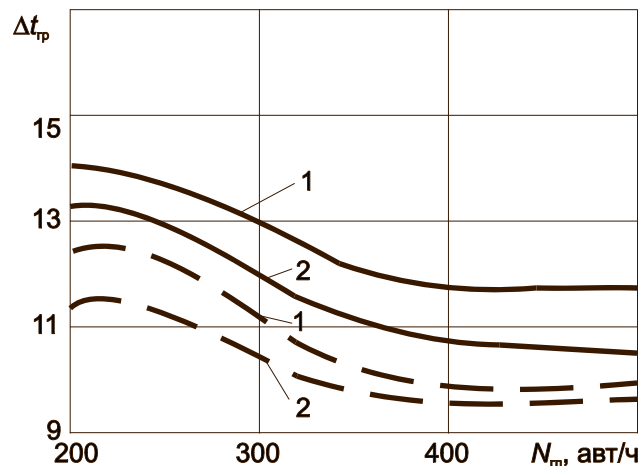


Рис. 8.4. Изменение $\Delta t_{гр}$ для левого поворота в зависимости от интенсивности движения по главной дороге:

1 – простое пересечение; 2 – канализированное пересечение;
 интенсивность движения по главной дороге $N_{гл} = 250 \dots 500$ авт./ч; интенсивность движения поворачивающих налево автомобилей $N_{л} = 40 \dots 90$ авт./ч;
 ————— $\Delta t_{гр}$ 85 %-й обеспеченности; - - - $\Delta t_{гр}$ 50 %-й обеспеченности

$$B = 0,33; \beta_{q1} = 0,6; C = 1 - (A + B) = 0,16.$$

Определяем параметр распределения

$$\lambda = \frac{N_0}{3600} = \frac{600}{3600} = 0,17.$$

и максимальную интенсивность движения на съезде из условия вливания в основной поток:

$$\begin{aligned} N_{\max.л}(N_{с.л}) &= N_0 \left(\frac{0,51e^{-0,17 \cdot 0,6 \cdot 9,2}}{1 - e^{-0,17 \cdot 0,6 \cdot 3,2}} + \frac{0,33e^{-0,17 \cdot 3,5 \cdot 9,2}}{1 - e^{-0,17 \cdot 3,5 \cdot 3,2}} + \frac{0,16e^{-0,17 \cdot 5,7 \cdot 9,2}}{1 - e^{-0,17 \cdot 5,7 \cdot 3,2}} \right) = \\ &= 600 \left(\frac{0,51e^{-0,94}}{1 - e^{-0,33}} + \frac{0,33e^{-5,5}}{1 - e^{-1,9}} + \frac{0,16e^{-8,9}}{1 - e^{-3,1}} \right) = \\ &= 600 \left(\frac{0,51 \cdot 0,4}{1 - 0,71} + \frac{0,33 \cdot 0,004}{1 - 0,15} + \frac{0,16 \cdot 0,001}{1 - 0,05} \right) = \\ &= 600 \left(\frac{0,2}{0,29} + \frac{0,001}{0,85} + \frac{0,0001}{0,95} \right) = 600(0,7 + 0,01 + 0,0) = 600 \cdot 0,71 = 426 \text{ авт./ч.} \end{aligned}$$

Устанавливаем пропускную способность съезда:

$$P_{с.л} = P_{\max} \beta_4 \beta_5 \beta_6 = 1800 \cdot 0,94 \cdot 0,9 \cdot 0,85 = 1260 \text{ авт./ч,}$$

где $\beta_4, \beta_5, \beta_6$ – частные коэффициенты снижения пропускной способности

Пропускная способность съезда определяется условиями вливания в основной поток ($P_{с.л} > N_{\max.л} (N_{с.л})$) и составляет 426 авт./ч.

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Радиусы съездов, м		Длина подъема пр., л., м	Расстояние видим. пр., л м.	Прод. укл. на подъеме, ‰		Кол. авт. на съезде, %				Инт. дв. на гл. дороге, авт./ч, в т.ч. 12 % пр., 18 % л. тяжелых		Расстояние от предыд. пр., л. съезда, м
	пр.	л			пр.	л	(автопо-езд)		пр.	л	пр.	л.	
							тяж.	легк.					
1	126	76	200	200	29	19	11	21	30	40	610	590	600
2	130	80	200	200	28	18	12	22	29	39	620	580	610
3	135	85	200	200	27	17	13	23	28	38	630	570	620
4	140	90	200	200	26	16	14	24	27	37	640	560	630
5	145	95	200	200	25	15	15	25	26	36	650	550	640
6	150	100	200	200	24	14	16	26	25	35	660	540	650
7	155	105	200	200	23	13	17	27	24	34	670	530	660
8	160	110	200	200	22	12	18	28	23	33	680	520	670
9	165	115	200	200	21	11	19	29	22	32	690	510	680
10	170	120	200	200	20	10	20	30	21	31	700	500	690
11	175	125	200	200	19	11	21	31	10	30	710	490	700
12	180	130	200	200	18	12	22	32	19	29	720	480	710
13	185	140	200	200	17	13	23	33	18	28	730	470	720
14	190	145	200	200	16	14	24	34	17	27	740	460	730
15	195	150	200	200	15	15	25	35	16	26	750	450	740
16	200	155	200	200	13	16	26	36	15	25	760	440	750
17	205	160	200	200	12	17	27	37	14	24	770	430	760
18	210	165	200	200	11	18	28	38	13	23	780	420	770
19	215	170	200	200	13	19	29	39	12	22	790	410	780
20	220	175	200	200	14	20	30	40	11	21	880	400	790
21	190	140	200	200	18	13	23	26	19	27	890	390	800
22	200	160	200	200	17	12	24	27	18	26	900	380	810
23	210	180	200	200	16	11	25	28	17	25	910	370	820
24	220	170	200	200	15	10	26	29	16	24	920	360	830
25	230	150	200	200	13	11	27	30	15	23	930	350	840

Практическое занятие №9 по теме №9 изучаемой дисциплины

Тема практического занятия. Проектирование поперечного профиля магистральной улицы общегородского значения, с определением ширины и взаиморасположения ее элементов, проезжей части, тротуаров, полос зеленых насаждений, размещением подземных сетей.

Задание на практическое занятие. Запроектировать поперечный профиль магистральной улицы общегородского значения, определив ширину и взаиморасположение ее элементов, проезжей части, тротуаров, полос зеленых насаждений, разместить подземные сети.

Ширина улицы между красными линиями 47 м, застройка осуществлена жилыми и общественными зданиями. План участка улицы показан на рис. 9.1.

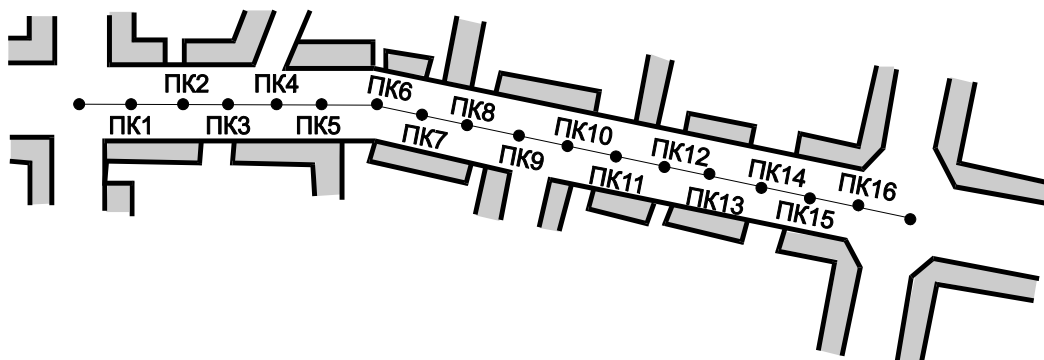


Рис. 9.1. План участка улицы

Перспективная интенсивность движения транспорта и пешеходов по улице в часы пик в каждом направлении составляет:

легковых автомобилей	440 ед./ч
грузовых автомобилей	200 ед./ч
автобусов	50 ед./ч
пешеходов	6500 чел./ч
расчетная скорость транспорта	80 км/ч

Продолжительность работы светофоров на регулируемых перекрестках следующая, с:

красной фазы t_k	15
желтой фазы $t_{ж}$	5
зеленой фазы $t_з$	30

Общая продолжительность цикла работы светофора

$$T_{ц} = 15 + 5 + 30 + 5 = 55 \text{ с.}$$

Среднее расстояние между регулируемыми перекрестками 800 м. Город расположен во II климатической зоне.

На поперечном профиле улицы должны быть размещены следующие подземные инженерные сети: кабели связи, кабели наружного освещения, разводящий газопровод, разводящий водопровод, водосток, канализация и теплопровод.

Пример выполнения задания на практическое занятие.

Определение размеров элементов улицы. Определение ширины проезжей части улицы. Ширина проезжей части улицы зависит от ширины одной ее полосы и числа полос движения, необходимых для пропуска заданного транспортного потока.

Таким образом, для установления ширины проезжей части нужно знать:

– пропускную способность одной полосы движения для каждого вида транспорта;

– требуемое число полос движения;

– ширину каждой полосы движения.

Расчет пропускной способности одной полосы движения. Пропускную способность одной полосы движения находим по формуле

$$N_{\Pi} = \frac{3600v}{L}, \quad (9.1)$$

где N_{Π} – пропускная способность одной полосы движения в одном направлении, ед./ч;

v – расчетная скорость движения, м/с;

L – динамический габарит, или безопасное расстояние между транспортными единицами, двигающимися попутно в колонне (включая собственную длину), м.

Динамический габарит определяется следующим образом. При движении на подъеме по формуле

$$L = vt + \frac{v^2}{2g(\varphi + i)} + l + S, \quad (9.2)$$

При движении на спуске:

$$L = vt + \frac{v^2}{2g(\varphi - i)} + l + S, \quad (9.3)$$

где v – скорость движения различных типов транспорта, м/с, принимаемая в соответствии с заданием;

t – промежуток времени, с, между моментами торможения переднего и следующего за ним автомобилей, равный времени реакции водителя (зависит от квалификации водителя и принимается в пределах 0,7–1,5 с);

g – ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

φ – коэффициент сцепления пневматической шины колеса с покрытием, изменяющийся в зависимости от состояния покрытия от 0,8 до 0,1 (принимается по табл. 9.1); для расчета принимаем $\varphi = 0,3$;

i – продольный уклон, для данного примера условно расчет ведем для горизонтального участка, т.е. $i=0$;

l – длина экипажа, м (принимается по табл. 9.2);

S – расстояние между автомобилями после остановки, принимаемое равным 2 м.

Таблица 9.1

Значения коэффициента сцепления

Покрытие	Коэффициент сцепления при разном состоянии покрытия		
	чистом сухом	чистом влажном	чистом мокром
Асфальтобетонное	0,5	0,3–0,4	–
Цементно-бетонное	0,5	0,3–0,4	–
Асфальтобетонное с повышенным содержанием щебня	0,6	0,4–0,5	0,1–0,25
Асфальтобетонное с поверхностной обработкой для повышения шероховатости	0,7–0,8	0,5–0,6	–

Таблица 9.2

Длина транспортных средств

Транспортные средства	Длина, м
Легковые автомобили	4–6
Грузовые автомобили	6–10
Автобусы	7–10
Троллейбусы	9–11

Вычисляем динамический габарит для автомобилей при скорости движения $v=22,2$ м/с (или 80 км/ч):

для легковых автомобилей

$$L_{\text{лег}} = 22,2 \cdot 0,7 + \frac{22,2^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,3} + 5 + 2 = 106,2 \text{ м};$$

для грузовых автомобилей

$$L_{\text{груз}} = 22,2 \cdot 0,7 + \frac{22,2^2}{2 \cdot 9,81 \cdot 0,3} + 8 + 2 = 109,2 \text{ м}.$$

Пропускная способность одной полосы проезжей части улицы для каждого вида транспорта на перегоне:

$$N_{\text{п.лег}} = \frac{3600 \cdot 22,2}{106,2} = 753;$$

$$N_{\text{п.груз}} = \frac{3600 \cdot 22,2}{109,2} = 732.$$

При определении пропускной способности линий массового маршрутного транспорта, в том числе и автобусов, следует исходить из того, что она практически обуславливается пропускной способностью остановочных пунктов.

Пропускную способность остановочного пункта для автобуса можно вычислить по формуле

$$N_{\text{ос}} = 3600 / T, \quad (9.4)$$

где T – полное время, в течение которого автобус находится на остановочном пункте, с:

$$T = t_1 + t_2 + t_3 + t_4, \quad (9.5)$$

где t_1 – время, затрачиваемое на подход к остановочному пункту (время торможения), с;

t_2 – время на посадку и высадку пассажиров, с;

t_3 – время на передачу сигнала и закрывание дверей, с;

t_4 – время на освобождение автобусом остановочного пункта, с.

Находим отдельные слагаемые:

$$t_1 = \sqrt{\frac{2l_3}{b}}, \quad (9.6)$$

где l_3 – «промежуток безопасности» между автобусами при подходе их к остановке, равный по длине одному автобусу (10 м);

b – замедление при торможении, принимаемое равным 1 м/с^2 ;

$$t_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{1}} = 4,47 \approx 5 \text{ с};$$

$$t_2 = \frac{\beta \lambda t_0}{k}, \quad (9.7)$$

где β – коэффициент, учитывающий, какая часть автобуса занята выходящими и входящими пассажирами по отношению к нормальной вместимости автобуса; для остановочных пунктов с большим пассажирооборотом $\beta = 0,2$;

λ – вместимость автобуса, равная 60 пассажирам;

t_0 – время, затрачиваемое одним входящим или выходящим пассажиром, равное 1,5 с;

k – число дверей для выхода или входа пассажиров, равное 2.

$$t_2 = \frac{0,2 \cdot 60 \cdot 1,5}{2} = 9 \text{ с}.$$

Время на передачу сигнала и закрывание дверей t_3 принимается по данным наблюдений равным 3 с.

$$t_4 = \sqrt{\frac{2l_3}{a}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10}{1}} \approx 5 \text{ с},$$

где a – ускорение, равное 1 м/с^2 .

Полное время занятия автобусом остановочного пункта

$$T = 5 + 9 + 3 + 5 = 22 \text{ с.}$$

Отсюда пропускная способность остановочного пункта для автобуса

$$N_{\text{ос.а}} = 3600/22 = 164 \text{ авт./ч.}$$

При вычислении пропускной способности полос проезжей части, используемой легковым и грузовым транспортом, надо учитывать, что расчетная скорость на перегоне не равна фактической скорости сообщения по улице. Реальная скорость сообщения зависит от задержек транспорта у перекрестков.

Таким образом, расчетная пропускная способность полосы проезжей части между перекрестками определяется как пропускная способность перегона с введением коэффициента снижения пропускной способности α по формуле

$$N_{\text{пер}} = \frac{3600v\alpha}{L}. \quad (9.8)$$

Коэффициент снижения пропускной способности с учетом задержек на перекрестках вычисляем по формуле

$$\alpha = \frac{L_{\text{п}}}{L_{\text{п}} + \frac{v^2}{2a} + \frac{v^2}{2b} + t_{\Delta}v}, \quad (9.9)$$

где $L_{\text{п}}$ – расстояние между регулируемыми перекрестками, равное в соответствии с заданием 800 м;

a – среднее ускорение при трогании с места, равное 1 м/с^2

b – среднее замедление скорости движения при торможении, равное 1 м/с^2 ;

t_{Δ} – средняя продолжительность задержки перед светофором;

v – расчетная скорость, м/с.

$$t_{\Delta} = \frac{t_{\text{к}} + 2t_{\text{ж}}}{2}, \quad (9.10)$$

где $t_{\text{к}}$ – продолжительность красной фазы светофора, равная 15 с;

$t_{\text{ж}}$ – то же, желтой, равная 5 с.

Подставляя в формулу соответствующие величины, получаем

$$t_{\Delta} = \frac{15 + 2 \cdot 5}{2} = 12,5 \text{ с.}$$

Коэффициент снижения пропускной способности для полос проезжей части, используемой легковым и грузовым транспортом,

$$\alpha = \frac{800}{800 + \frac{22,2^2}{2 \cdot 1} + \frac{22,2^2}{2 \cdot 1} + 12,5 \cdot 22,2} = 0,51.$$

Для маршрутизированного транспорта коэффициент задержки движения α не определяем. Таким образом, расчетная пропускная способность одной полосы проезжей части перегона для легкового и грузового транспорта составляет:

$$N_{п.лег}^* = 753 \cdot 0,51 = 384 \text{ авт./ч};$$

$$N_{п.груз}^* = 732 \cdot 0,51 = 373 \text{ авт./ч}.$$

Определение числа полос проезжей части, необходимого для движения транспорта. Число полос для всех видов транспорта рассчитываем по формуле

$$n = A / N, \quad (9.11)$$

где A – заданная интенсивность движения транспорта по улице в одном направлении в час пик;

N – расчетная пропускная способность.

Таким образом, при перспективной интенсивности движения легковых автомобилей по улице в часы пик в каждом направлении 440 ед./ч, для их пропуска необходимо 1,15 полосы ($n = 440/384 = 1,15$). Аналогично находим, что для пропуска грузовых автомобилей нужно 0,54 полосы, для пропуска автобусов – 0,3 полосы.

Пропуск транспорта заданной интенсивности движения могут обеспечить две полосы движения ($1,15 + 0,54 + 0,3 = 1,99$). Однако такое решение неизбежно вызовет снижение скорости легковых автомобилей, вынужденных двигаться по одной полосе вместе с грузовыми автомобилями, а также части грузовых автомобилей, которые, в свою очередь, будут двигаться по одной полосе с автобусами. Поэтому, исходя из состава транспортного потока, целесообразно принять три полосы движения в каждом направлении.

Если пропускная способность улицы рассчитывается не по специализированным полосам проезжей части, а как для смешанного транспортного потока в целом, необходимо привести смешанный поток к однородному потоку (легковой автомобиль), используя следующие коэффициенты приведения:

Легковые автомобили	1
Грузовые автомобили грузоподъемностью, т:	
до 2	1,5

от 2 до 5	2
от 5 до 8	2,5
от 8 до 14	3,5
свыше 14	3,5
Автобусы	2,5
Троллейбусы	3
Сочлененные троллейбусы и автобусы	4
Мотоциклы и мопеды	0,5
Велосипеды	0,5

На многополосной проезжей части пропускная способность возрастает не прямо пропорционально числу полос. Поэтому пропускную способность проезжей части с многополосным движением на перегонах следует определять с учетом коэффициента многополосности, принимаемого в зависимости от числа полос движения в одном направлении:

одна полоса	1
две полосы	1,9
три полосы	2,7
четыре полосы	3,5

Установление ширины проезжей части улиц. Наименьшая ширина проезжей части улиц на прямых участках приведена в табл. 9.3. Ширину проезжей части улиц в каждом направлении определяем по формуле

$$B = b n, \quad (9.12)$$

где b – ширина одной полосы движения, м;
 n – число полос движения.

Для магистральной улицы общегородского значения ширину полосы принимаем минимальную, равную 3,75 м. Наименьшее число полос для улиц и дорог указано в табл. 9.3 без учета полос для временной стоянки автомобилей. В связи с этим и учитывая, что улица с обеих сторон застроена административными зданиями, у которых может останавливаться большое число автомобилей, предусматриваем специальную полосу шириной 3 м для их стоянки. Общая ширина проезжей части в каждом направлении движения

$$B = 3,75 \cdot 3 + 3 = 14,25 \text{ м.}$$

Ширину проезжей части улиц и дорог устанавливаем по расчету в зависимости от интенсивности движения на расчетный срок, но не менее, указанной в табл. 9.3.

Таблица 9.3

Наименьшая ширина проезжей части с многополосным движением

Категория улиц и дорог	Ширина одной полосы движения, м	Наименьшее число полос движения проезжей части в обоих направлениях
Скоростные дороги	3,75	6
Магистральные улицы и дороги:		
общегородского значения:		
непрерывного движения	3,75	6
регулируемого движения	3,75	4
районного значения	3,75	4
Дороги для грузового движения	3,75	2
Улицы и дороги местного значения:		
жилые улицы	3	2
дороги промышленных и коммунально-складских районов	3,75	2
поселковые улицы	3,5	2
поселковые дороги	3,5	2

Проверка пропускной способности магистрали у перекрестка. Проводим проверочный расчет пропускной способности магистрали в узком сечении и у перекрестка в сечении стоп-линий. Пропускная способность в этом сечении зависит от режима регулирования, принятого на перекрестке. Расчет выполняем по формуле

$$N_{\text{пер}} = \frac{3600}{t_{\text{п}}} \cdot \frac{t_3 - \frac{v_{\text{п}}}{2a}}{T_{\text{ц}}}, \quad (9.13)$$

где $N_{\text{пер}}$ – пропускная способность одной полосы проезжей части у перекрестка, в сечении стоп-линий, авт./ч;

$t_{\text{п}}$ – интервал во времени прохождения автомобилями перекрестка, принимаемый в среднем 3 с;

t_3 – продолжительность зеленой фазы светофора, равная 30 с;

$v_{\text{п}}$ – скорость прохождения автомобилями перекрестка (принимаем в нашем случае 18 км/ч, или 5 м/с);

a – ускорение автомобиля 1 м/с²;

$T_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла работы светофора (55 с).

Подставляя в формулу значения указанных величин, получаем

$$N_{\text{пер}} = \frac{3600}{3} \cdot \frac{30 - 5}{55} = 1200 \cdot \frac{25}{55} = 546 \text{ авт./ч.}$$

Учитывая необходимость обеспечения левых и правых поворотов на перекрестке, требующих специальных полос проезжей части, для определения пропускной способности магистрали пользуемся следующей формулой

$$N_m = 1,3 N_{\text{пер}} (n - 2), \quad (9.14)$$

где N_m – пропускная способность магистрали в сечении стоп-линий, авт./ч;

1,3 – коэффициент, учитывающий право- и левоповоротное движение;

n – число полос.

Подставляя значения соответствующих величин в формулу, получаем

$$N_m = 1,3 \cdot 546(4 - 2) = 1420 \text{ авт./ч.}$$

Для сравнения пропускной способности в данном случае приведем все заданные виды транспорта к одному (легковому автомобилю):

Легковые автомобили	$440 \cdot 1 = 440$
Грузовые автомобили грузоподъемностью 2–5 т.	$200 \cdot 2 = 400$
Автобусы	$50 \cdot 2,5 = 125$
Итого	965 авт./ч

(приведенных)

Таким образом, пропускная способность магистрали в сечении стоп-линий обеспечивает прохождение транспортного потока заданной интенсивности.

Установление ширины тротуара. Перспективная интенсивность пешеходного движения на тротуарах в каждом направлении 6500 чел./ч. Пропускная способность одной полосы тротуара 1000 чел./ч. Необходимое число полос $n = 6500/1000 = 6,5$ (или 7 полос). Ширина одной полосы ходовой части тротуара 0,75 м. Таким образом, ширина ходовой части тротуара $B = 0,75 \cdot 7 = 5,25$ м.

Выбор типа поперечного профиля. В связи с тем, что основными элементами улицы по стоимости и сложности устройства являются проезжая часть и тротуары, намечаем вначале схему поперечного профиля улицы, используя полученную по расчету ширину проезжей части и тротуаров. После этого можно будет приступить к размещению полос зеленых насаждений, мачт освещения и подземных инженерных сетей.

Для указанных в задании условий движения рассматриваем поперечный профиль улицы в двух вариантах:

1) поперечный профиль улицы без полосы для разделения встречного движения;

2) поперечный профиль улицы с полосой для разделения встречного движения.

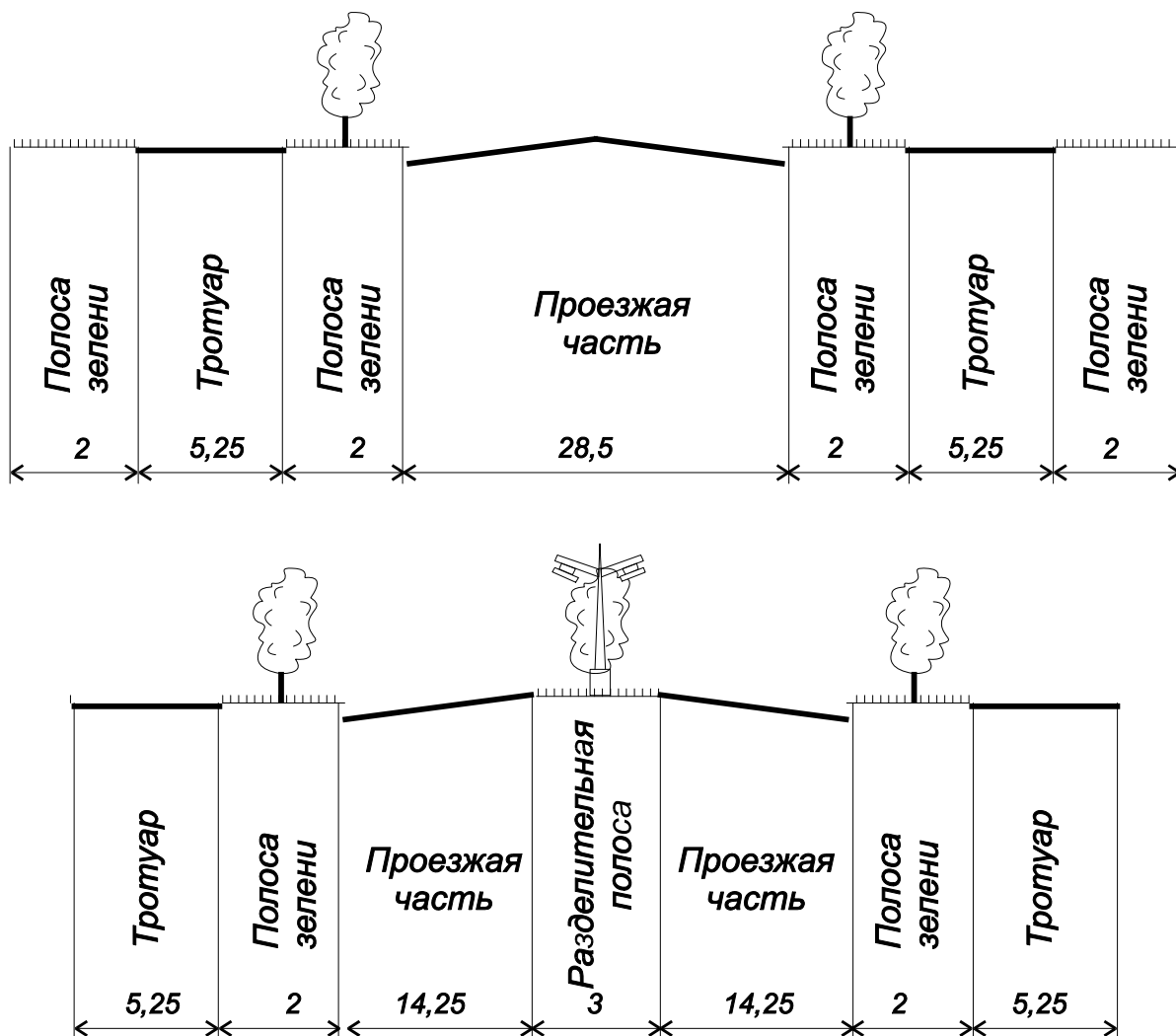


Рис. 9.2. Два варианта схем поперечного профиля улицы:
 а – без полосы для разделения встречного движения;
 б – с полосой для разделения встречного движения

Рассматриваемые схемы поперечного профиля показаны на рис. 9 а, б. В первом варианте тротуар отделен от проезжей части однорядной посадкой деревьев и от линии застройки газоном. Во втором варианте проезжая часть разделяется газоном (разделительной полосой), а тротуар, примыкающий к линии застройки, отделен от проезжей части однорядной посадкой деревьев.

В первом варианте мачты освещения могут быть расположены в зоне зеленых насаждений у тротуаров с обеих сторон улицы, во втором – посередине разделительной полосы. Наименьшая ширина разделительных полос и других элементов улиц указана в табл. 9.4.

Таблица 9.4

Размеры элементов городских улиц

Местонахождение и назначение	Категория улиц и дорог			
	Скоро- стные	Магистральные		
		общегородского значения	районного зна- чения	местного значения
Между проезжими частями для разделения встречного движения	4	3	-	-
Между основной проезжей частью и проезжими частями местного движения	8	6	-	-
Между проезжей частью и трамвайным полотном	–	2	2	-
То же и велодорожкой	4	1,2	1,2	1,2
То же и тротуаром	–	2	2	2
Между тротуаром и трамвайным полотном	–	2	2	-
То же и велодорожкой	–	1,2	1,2	1,2

Для лучшей организации движения желательно наличие осевой разделительной полосы, однако, учитывая необходимость создания наиболее полной изоляции жилой застройки от шума и вибрации, вызываемых проходящим транспортом, выбираем первый вариант поперечного профиля улицы. Согласно этому варианту кроме полосы зеленых насаждений между проезжей частью и тротуаром намечается еще одна – между тротуаром и линией застройки.

Размещение зеленых насаждений. Минимальную ширину полос зеленых насаждений, м, принимаем по следующим данным:

Посадки деревьев:

однорядные2

двухрядные.....5

Посадки кустарника:

низкорослого0,8

среднего1

крупного1,2

Газон1

Намеченные зеленые полосы в поперечном профиле проектируем шириной по 2 м.

Очертание поперечного профиля проезжей части. Поперечный профиль проезжей части принимаем параболического очертания. Такой профиль наилучшим образом отвечает требованиям водоотвода, так как обеспечивает быстрый сток воды с проезжей части к лоткам и дождеприемным колодцам. В табл. 9.5 приведены наибольшие и наименьшие поперечные уклоны проезжей части.

Т а б л и ц а 9 . 5

Нормативы уклонов улиц, дорог и площадей

Улицы дороги и площади	Наибольшие и наименьшие поперечные уклоны для различных типов дорожных одежд, ‰					
	асфальтобетонных		цементобетонных		сборных	
Магистральные улицы общегородского значения	25	15	25	15	30	20
То же, районного значения	25	15	25	15	30	20
Жилые улицы (местного значения)	30	15	30	15	30	20
Скоростные городские дороги (местного значения)	30	15	30	15	30	20
Площади	15	10	15	10	20	10
Стоянки автомобилей	15	10	15	10	20	10

Средний поперечный уклон проезжей части принимаем равным 20‰. Для разбивки поперечного профиля ширину проезжей части делим на десять равных частей по 2,85 м и определяем значение ординат для промежуточных точек:

$$h_1 = (28,5/2) \cdot 0,02 = 0,285 \text{ м};$$

$$h_2 = 0,88 h_1 = 0,251 \text{ м};$$

$$h_3 = 0,73 h_1 = 0,208 \text{ м};$$

$$h_4 = 0,53 h_1 = 0,151 \text{ м};$$

$$h_5 = 0,29 h_1 = 0,083 \text{ м}.$$

Уклоны отдельных промежуточных участков проезжей части:

$$i_1 = \frac{0,285 - 0,251}{2,85} = 12 \text{ ‰}; \quad i_2 = \frac{0,251 - 0,208}{2,85} = 15 \text{ ‰}.$$

Таким же образом находим: $i_3 = 20 \text{ ‰}$; $i_4 = 24 \text{ ‰}$; $i_5 = 29 \text{ ‰}$. Очертание поперечного профиля проезжей части показано на рис. 9.3. Поперечный односкатный уклон полос зеленых насаждений принимаем равным 10 ‰, поперечный уклон тротуара (также односкатный) – 15 ‰. Запроектированный вариант поперечного профиля улицы показан на рис. 9.4.

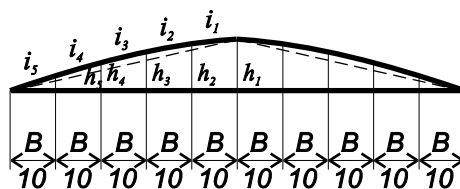


Рис. 9.3. Очертание поперечного профиля проезжей части

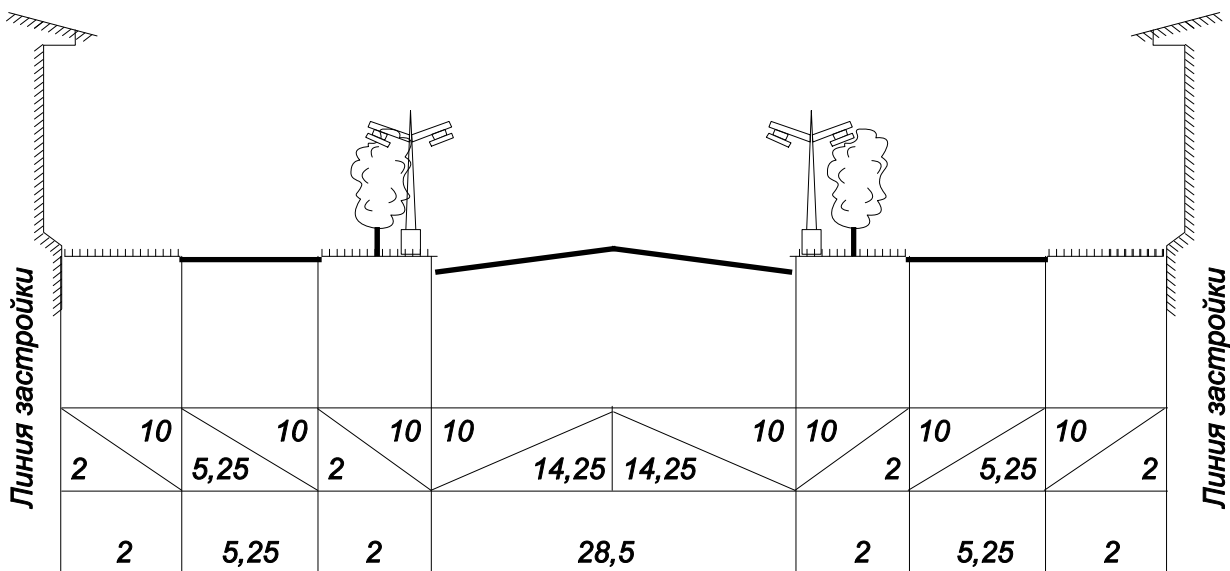


Рис. 9.4. Принятый вариант поперечного профиля улицы.

Варианты выполнения заданий на практическое занятие

№ варианта	Перспективная интенсивность движения транспорта, ед./ч, и пешеходов по улице в часы пик в каждом направлении, чел./ч				расстояние между регулируемыми перекрестками, м	расчетная скорость транспорта, км/ч
	автомобилей		автобусов	пешеходов		
	легковых	грузовых				
1	430	210	49	6400	810	80
2	440	220	48	6300	820	80
3	450	230	47	6200	830	80
4	460	240	46	6100	840	80
5	470	250	45	6000	850	80
6	480	260	44	5900	860	80
7	490	270	43	5800	870	80
8	500	280	42	5700	880	80
9	510	290	41	5600	890	80
10	520	300	40	5500	900	80
11	530	310	39	5400	910	80
12	540	320	38	5300	920	80
13	550	330	37	5200	930	80
14	560	340	36	5100	940	80

15	570	350	35	5000	950	80
16	580	360	34	4900	960	80
17	590	370	33	4800	970	80
18	600	380	32	4700	980	80
19	610	390	31	4600	990	80
20	620	400	30	4500	1000	80
21	500	330	26	5900	920	80
22	530	360	22	5800	650	80
23	560	320	47	5700	790	80
24	570	430	49	5500	650	80
25	580	500	50	5200	780	80

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

Основная литература

1. Бажанов, А.П. Общий курс путей сообщения [Текст] / А.П. Бажанов. – Пенза: ПГУАС, 2014. – 251 с.
2. ОДМ 218.2.020–2012. Методические рекомендации по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М.: Росавтодор, 2012. – 143 с.
3. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог. – М.: «Транспорт», 1982. – 115 с.
4. Методические указания по проектированию кольцевых пересечений автомобильных дорог. – М.: «Транспорт», 1980. – 85 с.

Дополнительная литература

1. Руководство по оценке пропускной способности автомобильных дорог [Текст]. – М.: Транспорт, 1982. – 87 с.
2. Васильев, А.П. Эксплуатация автомобильных дорог и организация дорожного движения [Текст]: учеб. для вузов / А.П. Васильев, В.М. Сиденко; под ред. А.П. Васильева. – М.: Транспорт, 1990. – 304 с.
3. ГОСТ Р 50597–93. Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения [Текст]. – М., 2002. – 133 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ	6
2. ТЕКСТЫ ЗАДАЧ, ПРИМЕРЫ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ И ВАРИАНТЫ ЗАДАНИЙ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ.....	6
Практическое занятие №1 по теме №4 изучаемой дисциплины	6
Практическое занятие №2 по теме №4 изучаемой дисциплины	10
Практическое занятие №3 по теме №5 изучаемой дисциплины	18
Практическое занятие №4 по теме №6 изучаемой дисциплины	25
Практическое занятие №5 по теме №6 изучаемой дисциплины	30
Практическое занятие №6 по теме №6 изучаемой дисциплины	38
Практическое занятие №7 по теме №7 изучаемой дисциплины	44
Практическое занятие №8 по теме №8 изучаемой дисциплины	48
Практическое занятие №9 по теме №9 изучаемой дисциплины	56
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	70

Учебное издание

Бажанов Анатолий Павлович

ОБЩИЙ КУРС ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Учебно-методическое пособие к практическим работам
по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство»

В авторской редакции
Верстка Т.А. Лильп

Подписано в печать 08.04.16. Формат 60×84/16.
Бумага офисная «Снегурочка». Печать на ризографе.
Усл.печ.л. 4,2. Уч.-изд.л. 4,5. Тираж 80 экз.
Заказ №260.

Издательство ПГУАС.
440028, г. Пенза, ул. Германа Титова, 28.